

VERUNREINIGUNG DES MARINEN BEREICHES DURCH DEN MENSCHEN UND DIE FOLGEN DIESER VERUNREINIGUNG

von

H. O. SCHWANTES

(Institut für Pflanzenökologie der Justus Liebig-Universität, Giessen)

(Received 25.5.79)

Abstract : *The maritime ecosystem of today represents one of mankind's last resources to gain proteinic nutriments as well as mineral raw materials, and even potable water (by desalination). The beaches in particular are of importance as areas for sport and recreation. Efforts in order to achieve one or the other of these ends are very often counteracted and even compensated by various activities which finally lead to transform the abused oceans into gigantic dust and rubbish dumps.*

Possibilities to dilute these stuffs to undetectable intraceable small concentrations essentially depend on the prevailing hydrographic conditions, and they are generally overestimated by far.

There is quite a number of different factors, ways and materials to produce maritime pollution. In this paper the following will be treated in particular. They are :

1. *Inflow of sewage (from households, hotels and industrial sewage as well) via the municipal sewerage systems; in consequence of these methods problems both of hygienics and of eutrophy resp. of hypertrophy of the water will arise; the latter in consequence of introduction of excessive quantities of plant nutriments (especially of NH_4 , NO_3 and PO_4) which are further increased by the wash-out of chemical manures, eventually in addition to insecticides, pest controllers ee., too, as these substances are applied in agriculture and forestry. Excessive bulks of dead plancton resulting from this consequently lead to deficiency of oxygen as well as to formation of H_2S .*

2. *Sewage waters of industrial origin shed into rivers or directly dumped off shore carry large amounts of heavy metals into the sea. Heavy metals may either directly or via the food chain become accumulated within living organisms until harmful concentrations are attained (cf. the 'minamata' disease).*

3. *Petroleum and its derivative products may cause destruction and even extinction of both fauna and flora of large section of coastal areas.*

4. *Chlorinated-hydrocarbons (PCB and DDT) reach in form of fall-out the sea; they are today omnipresent, already. Their accumulation within the animal body via the food chain may reach even irreparable noxious concentrations.*

5. *Influence of radioactive vast as well as effects of locally increased temperatures as produced by the cooling waters, particularly of atomic power plants (reactors) are also discussed.*

At the end of this paper the pertaining analytical methods are supplied, followed by a survey of international conventions to keep clean the seas.

Die Ozeane mit ihren Nebenmeeren weisen ein Gesamtvolumen von 1.369 Millionen km³ auf, sie bedecken mit 361 Millionen km² etwa 71% der Erdoberfläche. Damit stellen sie den größten in sich geschlossenen Lebensraum der Erde dar und somit das umfangreichste einheitliche aquatische Ökosystem.

Ein Ökosystem besteht aus zwei Komponenten. Dem abiotischen Lebensraum, also den Umweltbedingungen, gekennzeichnet durch Boden oder in diesem Falle dem Meer, Klima und Atmosphäre ist die biotische Komponente, die Organismengemeinschaft oder Biozönose gegenüberzusetzen. In einem derartigen Ökosystem stehen die Produzenten also die zur Photosynthese befähigten pflanzlichen Organismen im Gleichgewicht mit den Konsumenten, den Tieren wie Herbivoren, Karnivoren und Überkarnivoren verschiedenen Grades, desgleichen den Phytoparasiten. Auf diese Seite des Gleichgewichtes müssen aber auch die Destruenten, die Saprovoren (Abfallfresser, wie Würmer, Insektenlarven, Milben usw.) und Reduzenten als Mineralisierer, also die Bakterien und Pilze gerechnet werden. Ein Ökosystem kann nur solange ungestört funktionieren, wie dieses Gleichgewicht mit Produzenten auf der einen Seite und Konsumenten, Destruenten und Reduzenten auf der anderen Seite erhalten bleibt (Abb. 1).

Das Meer wird heute als letzte große Reserve der Menschheit zur Gewinnung von mineralischen Rohstoffen (so betragen z.B. die Manganvorräte der Ozeane nach Schätzungen etwa die tausendfache Menge, wie die auf dem Festland) und von Nahrung angesehen. Es lassen sich jedoch zum augenblicklichen Zeitpunkt nur 1-2% des Kalorienbedarfs aus dem Meer abdecken. Zweifelhaft erscheint es, ob diese Menge auf 7-10% gesteigert werden kann. Die größten Teile der Ozeane sind nämlich oligotroph. Hier liegt die Produktion organischer Substanz unter 100 mg C je m² Wasseroberfläche und Tag. Als produktive Zonen können einzig und alleine die bis 200 m tiefen Flachseegürtel des Schelfs der Kontinente und die wenigen und engbegrenzten Gebiete mit Auftriebsströmungen von Tiefenwasser angesehen werden. Nur hier erfolgt eine Überführung von 500 bis maximal 2.000 mg C/m² und Tag in organische Form und nur hier finden sich reiche Plankton- und Fischpopulationen.

Günstiger verläuft die Rechnung unter einer anderen Betrachtungsweise. Ein Hauptproblem der Nahrungsversorgung der Menschheit ist

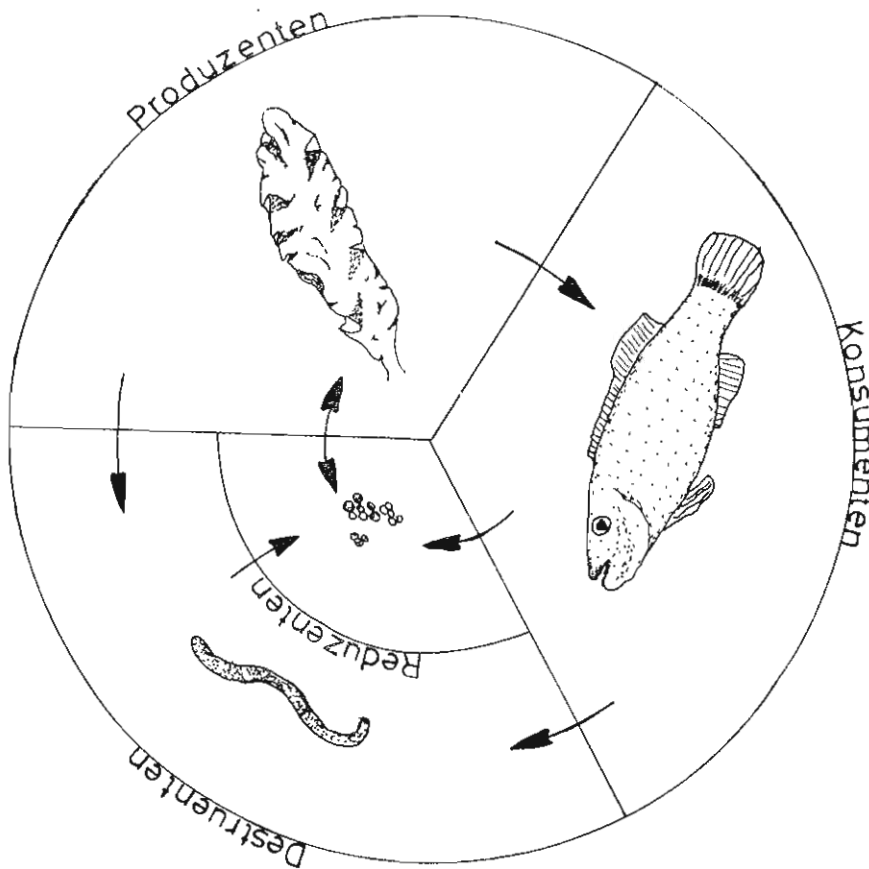


Abb. 1: Aquatisches Ökosystem (schematisch), Erklärung siehe Text.

in dem Mangel an Eiweiß und hier besonders an tierischem Eiweiß zu suchen. Von den 20 Aminosäuren, aus denen die Proteine aufgebaut werden, können Tier und Mensch nur 12 in ihrem Stoffwechsel selber synthetisieren, die restlichen, die sogenannten essentiellen, wie Valin, Leucin, Isoleucin, Lysin, Methionin usw. müssen mit der Nahrung aufgenommen werden. Pflanzliches Eiweiß enthält nur geringe Mengen dieser Aminosäuren, die für eine vollwertige Ernährung nicht ausreichen. Fischeiweiß dagegen ist reich an essentiellen Aminosäuren unter ihnen besonders an Lysin. Die Produktion der Ozeane an Eiweiß wird z.Zt. mit etwa 5 Millionen t veranschlagt, das sind dann immerhin 4-5% der gesamten Eiweißversorgung. Wenn auch aus dem Meer die Hunger-

probleme der Menschheit nicht gelöst werden können, so läßt sich doch ein wichtiger Beitrag durch die Versorgung mit tierischem Eiweiß erbringen.

Immer mehr gewinnen die Meere an Bedeutung für die Produktion von Trinkwasser aus Wasserentsalzungsanlagen. 1973 wurden ca. 1 Million m³ hochreinen Wassers auf diese Art und Weise erzeugt. Schätzungen ergeben, daß diese Menge sich alle 2-3 Jahre verdoppelt. Somit müßten heute bereits etwa 8 Millionen m³ derartigen Wassers hergestellt werden. Lange Strecken der Küsten besitzen überragenden Wert für Freizeit und Erholung bei der jeweiligen einheimischen Bevölkerung, stellen aber auch durch den wachsenden Tourismus einen beachtlichen Faktor als Devisenbringer mit gesicherten Arbeitsplätzen im Fremdenverkehrsgewerbe dar.

Das Ziel, das Meer für die oben genannten Zwecke zu nutzen, steht in einem sehr schwierigen Konflikt mit Bestrebungen die Ozeane als eine riesige "Mülldeponie" zu mißbrauchen, in welche vorsätzlich oder wohl auch unbeabsichtigt Abfallstoffe verschiedenster Art und in großen Mengen hineingebracht werden. Die häufig geäußerte Annahme muß als falsch angesehen werden, daß der riesige Wasserkörper, den das Meer darstellt, ein Vielfaches der heute bereits dort entlassenen Fremdstoffe bis zu kaum nachweisbaren, völlig unschädlichen Konzentrationen verdünnen würde, daß also hierdurch die Wasserqualität keineswegs vermindert werde. Ausserhalb der bekannten Meeresströmungen gibt es nämlich in den Ozeanen große Wasserkörper, die sich kaum mit anderem Wasser vermischen, die also kurzfristig ihre physikalisch-chemischen und biologischen Eigenschaften nicht verändern, wie man auch häufig in eingemolten Häfen diesen schlechten Wasseraustausch an Öllachen und Plastikabfällen beobachten kann. Daraus wird ersichtlich, wie wesentlich die jeweiligen hydrographischen Verhältnisse für eine Abfallbeseitigung sind. Die Gezeitenbewegungen können nämlich nur geringfügig zu einer Ortsveränderung beitragen. Im Ästuar der Elbe wird der gleiche Wasserkörper etwa 20 bis 30 mal hin und herbewegt, bis er in die freie Nordsee gelangt. Es sind die Restströmungen, also Strömungen, die nicht von den Gezeitenbewegungen beeinflußt werden, die sich für eine Durchmischung als ausschlaggebend erweisen.

Nehmen wir als Beispiel die Nordsee. Ihr Wasservolumen beträgt etwa 54.000 km³, von denen jährlich 23.000 km³ über den Nordatlantik und 1.800 durch den Ärmelkanal erneuert werden. Somit erfolgt in der Theorie alle zwei Jahre ein Wasseraustausch. Die Zuflüsse vom Festland

tragen jährlich etwa 150 km^3 stark verunreinigten Süßwassers ein, das belgischen, niederländischen und deutschen Abwässern entstammt. Diese Abwässer mischen sich jedoch nicht mit dem gesamten Nordseewasser, sondern werden durch die vorherrschenden Strömungen nach Nordosten immer wieder in Küstengewässer also denen von Deutschland und Dänemark verdriftet.

Noch ungünstiger steht es um den Austausch im Mittelmeer. Die jährlichen Niederschläge und einmündenden Flüsse reichen nicht im entferntesten aus, die Verdunstung auszugleichen. Der Wasserspiegel des Mittelmeeres kann nur durch Einströmen des Atlantiks und Schwarzen Meeres mit Mengen von $1,2 \text{ km}^3/\text{Sek.}$ konstant gehalten werden. Das bedeutet einen Zeitraum von 80 Jahren, der für eine Gesamterneuerung der Wassermenge benötigt wird.

Die oben aufgezeigte Konfliktsituation zwischen Wassererneuerung und Eintrag von Fremdstoffen wird besonders in den flachen Schelfgebieten, an den Stränden, in Meeresbuchten und in Randmeeren sichtbar, wie es Mittelmeer, Nord- und Ostsee darstellen.

Fragen wir nach der Herkunft dieser Verunreinigungen so sind besonders zu nennen:

1. Flüsse, die bereits im Binnenland verunreinigt wurden
2. Direkte Einleitung von Abwässern ins Meer (vielfach durch Rohre)
3. Schiffe, die flüssige oder feste Abfälle im Meer abladen (verklappen = dumping)
4. Schiffe und Flugzeuge, die Abfälle über Bord werfen
5. Gewinnung von Rohstoffen aus dem Meer z.B. durch Ölbohrungen
6. Unfälle z.B. von Tankern oder durch den Bruch von Pipelines
7. Immissionen aus der Atmosphäre, die durch Emissionen festländischer Industrieanlagen oder z.B. durch Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen hervorgerufen werden.

1. HAUSHALTSABWÄSSER

Unter Haushaltsabwässern versteht sich ein Sammelbegriff für organische, also fäulnisfähige Abwässer, primär Fäkalabwässer. Er steht jedoch nicht gleichbedeutend mit dem Ausdruck Kommunalabwässer, da in die öffentliche Kanalisation auch Wasser aus Gewerbe- und Industriebetrieben eingeleitet werden. Andererseits darf nicht verkannt werden, dass die Abwässer mancher Industriebetriebe z.B. der Nahrungsmittelindustrie rein organischer Art sind.

Seit alters her leiten Küstenorte und küstennahe Siedlungen ihre Haushaltsabwässer durch Rohre direkt oder über die Flußmündungen indirekt ins Meer. In die Nordsee wurden 1974 häusliche Abwässer von 31 Millionen Menschen=7345 Millionen m³ je Tag entlassen. Heute jedoch werden die meisten häuslichen Abwässer mechanisch-biologisch geklärt.

Die natürliche Selbstreinigung im Meerwasser verläuft grundsätzlich gleich, wie diejenige im Süßwasser. Bei der Mineralisation im Salzwasser sind jedoch andere Arten von Bakterien, Pilze usw. als im Süßwasser tätig. Dabei bleibt zu berücksichtigen, daß sich Sauerstoff unter sonst gleichen Bedingungen im Salzwasser nur in etwas geringerer Menge löst. Der Selbstreinigungsprozess im Salzwasser dauert somit etwas länger als im Süßwasser.

Als kritische Zone muß das Übergangsgebiet zwischen Süß- und Salzwasser in den Ästuarien der großen Flüsse angesehen werden. In diesem Brackwasser stirbt das Süßwasserplankton mit zunehmendem Salzgehalt ab, ebenso wie das durch den Tidenhub hier hinverfrachtete marine Plankton. Das tote Plankton sinkt langsam als Detritus zu Boden und trübt das Wasser dieser Zone (Trübungszone), ein Zeichen für die gestörte oder verzögerte Selbstreinigung. Diese Trübungszone ist in der Elbe 25-30 km lang. Fällt der Schelfboden an den Einleitungsstellen in größere Tiefen direkt ab, ist selbstverständlich eine bessere Durchmischung gegeben, als in flachen Küstenbereichen, wie dies bei vielen griechischen Inseln zu beobachten ist.

Zwei Probleme ergeben sich aus der Einleitung der Haushaltsabwässer, einmal ein hygienisches, zum anderen das der Eutrophierung, also eines überhöhten Eintrages von Pflanzennährstoffen.

Escherchia coli, ein harmloser Darmbewohner dient zur hygienischen Beurteilung der Wasserqualität. Im Meerwasser findet unter 12° C keine Vermehrung der Coli-Bakterien mehr statt. Die bakterientötende Wirkung des Seewassers beruht nicht auf seinem Chemismus, sondern auf der Anwesenheit von lebenden Mikroorganismen. Eine Infektionsgefahr ist also nicht in dem Umfang gegeben, wie im Süßwasser. Besonders belastet sind verschiedene Badestrände der französischen und italienischen Mittelmeerküste, wo zeitweise bis zu 30.000 Colibakterien im Liter Seewasser (im Golf von Triest 1970 auch höher) nachgewiesen werden konnten. Eine Schliessung der Badestrände wegen akuter Infektionsgefahr durch Typhus, Paratyphus, Ruhr, Cholera, Viren (Kinderlähmung, Hepatitis usw.) ist die Folge. Manche Hygieniker verlangen ein

Badeverbot im Umkreis von 1.000 m um Einmündungsstellen von Abwasserrohren.

Kulturen von Miesmuscheln und Austern sind nur in Abwasserfreiem Küstenwasser möglich, da sie bei der Nahrungsaufnahme Bakterien aus dem Seewasser herausfiltrieren und im Körper speichern, ohne daß die Bakterien abgetötet werden. Ein Genuß solcher roher Muscheln kann dann zu schweren Infektionen führen

Mit den häuslichen Abwässern gelangen große Mengen an Pflanzennährsalzen ins Meer. Im Zuge der Selbstreinigung entstehen dann Phosphate und Nitrate, die von benthischen und planktischen Algen aufgenommen werden. Der Nordsee werden mit den Abwässern der Anliegerstaaten insgesamt rund 800.000 t Gesamtstickstoff und 60.000 t Phosphor jährlich zugeleitet. So groß diese Menge auch erscheint, bei Phosphor sind es jedoch nur 15% der Menge, die die Nordsee durch Zufuhr aus dem Atlantik mit dem Frischwasser erhält. In Buchten und Küstengewässern aber erfolgt eine starke Anreicherung. Der Rhein alleine transportiert jährlich 25.000 t Phosphor und 400.000 t Gesamtstickstoff. Dies bringt eine Konzentrationserhöhung an der niederländischen Küste durch Rhein, Maas und Schelde bis auf 300% Stickstoff und 500% Phosphor mit sich.

Diese starke Düngung der Küstengewässer führt zu einer regelrechten Hypertrophierung (Überdüngung), und damit verbundenen starken Vermehrung des Phytoplanktons sogar zeitweise zu Algenblüten, z.B. einer Massenvermehrung des Dinoflagellaten *Prorocentrum micans*. Reichert sich dieser in Muschelkulturen an, kann es zu Vergiftungen nach Muschelgenuß kommen, da dieses Flagellatengift zwar auf den Menschen, nicht aber bei den Muscheln wirksam ist. In Kalifornien treten derartige Vergiftungen durch diesen Dinoflagellaten häufig auf, sein Massenvorkommen wird an der Rotfärbung des Meeres (red tide) sichtbar.

In der Ostsee hat der Nährstoffeintrag durch die Neva infolge besonderer hydrographischer Verhältnisse besondere Bedeutung (die Neva führt 22.000 t Phosphor im Jahr mit sich=4% des gesamten Phosphors; eine Verdopplung des gesamt Phosphor-Gehaltes erfolgt also in 25 Jahren). Das Oberflächenwasser mit 2-3‰ Salinität schwimmt infolge geringerer Dichte auf einem salzhaltigeren Tiefenwasser (Salzgehalt 12-14‰). Diese Schichtung ist sehr stabil. Aber nur die obere Schicht wird durchgelichtet, die dann auch gleichzeitig durch die Abwässer eutrophiert ist. Hier werden riesige Planktonmassen gebildet. Abgestorben sinken diese in die Tiefe. Die dortige Zersetzung leidet besonders

im Bereich des Bornholm- oder Gotlandtiefs unter Sauerstoffmangel. Es kommt dann dort zu einem Sauerstoffschwund und starker Schwefelwasserstoffbildung infolge Fäulnis. So sterben auch die Bodentiere ab, alles Leben erlischt in diesem Bereich.

Stickstoff und Phosphor stammen aber vielfach nicht nur aus den häuslichen Abwässern, sondern aus dem Boden nach Düngung in Land- und Forstwirtschaft und anschließender Auswaschung. Bei häuslichen Abwässern wird der Phosphor zumeist aus den Waschmitteln freigesetzt.

Im Mittelmeer ist infolge natürlicher Armut an Nährstoffen die Gefahr einer Übertrophierung wie in der Ostsee nicht in gleichem Maße gegeben. Hier fördern die zugeführten organischen Stoffe und Phosphate die Bildung von Plankton, welches wiederum den Fischreichtum ansteigen läßt. Es ist dagegen ein verbreitetes Problem der Mittelmeerländer, daß die Abwässer nicht auf hoher See eingeleitet werden, sondern gleich an der Küste ins Meer laufen, wo sie Buchten und Badestrände verschmutzen. Dies liesse sich durch tief ins Meer führende Rohre lösen. Auch von den durch Flüsse ins Mittelmeer gespülten Mengen an Düngemitteln und häuslichen Abwässern besteht keine eigentliche, sondern allefalls eine lokale Gefahr.

Abschliessende Folgerung:

in flache Küstengewässer dürfen nur geklärte Abwässer eingeleitet werden. Badestrände müssen aus ästhetischen und bes. hygienischen Gründen von Abwässern frei gehalten werden.

2 INDUSTRIELLE ABWASSER.

Große Mengen industrieller Abwässer gelangen mit den Flüssen in die Meere: Der Eintrag des Rheines in die Nordsee betrug z.B. 1972:

Chrom	1.000 t	Cadmium	200 t
Mangan	6.000 t	Quecksilber	100 t
Eisen	80.000 t	Blei	200 t
Nickel	2.000 t	Arsen	1.000 t
Kupfer	2.000 t		
Zink	20.000 t		

In den letzten Jahrzehnten hat eine verstärkte Ansiedlung neuer

Industriewerke in Küstennähe stattgefunden. Ein Grund hierfür ist in dem Vorteil eines hafennahen Standorts bei der Notwendigkeit von Rohstoffimporten oder bei Kühl- und Brauchwasser intensiven Techniken zu sehen. Gleichfalls können Abfallprodukte billig durch Einleiten ins Meer oder durch Verklappung beseitigt werden.

Die jährliche Gesamtmenge industrieller Abwässer wird auf ca. 5-7 Milliarden m³ geschätzt.

Seit etwa 20 Jahren fallen bei den verschiedensten industriellen Verfahren in steigendem Maße Abfälle an, deren Beseitigung oder Lagerung auf dem Festland nur unter Schwierigkeiten möglich ist. Sie werden daher in zunehmenden Umfang mit Schiffen auf die hohe See verfrachtet und dort versenkt oder ins Wasser abgelassen (verklappt=dumping). Bis zum Inkrafttreten der Konvention von London und Oslo konnten Industriefirmen in beliebiger Menge an jeder beliebigen Stelle entsprechende Abfälle verklappen, deren Mengen nie mehr ermittelbar sein werden. Hierbei handelt es sich z.T. um hochgiftige Abfälle. So wurden z.B. in die Nordsee zwischen England und Belgien zwischen 1963 und 1969 38.000 Fässer Chlorkohlenwasserstoff versenkt. Heute ist eine Verklappung genehmigungspflichtig. Ein Verklappungsgebiet für besonders gefährliche Abfälle ist z.Zt. die westl. Biskaya im Küstenabstand von 50 Seemeilen und bei 3.000 m Wassertiefe. In der Nordsee im Gebiet der Bundesrepublik werden mit behördlicher Genehmigung täglich 1.800 t Abwässer der Titandioxid-Erzeugung, die 10% H₂SO₄, 14% FeSO₄ enthalten, eingebracht. Es liessen sich jedoch bisher keinerlei Veränderungen im Meerwasser, auf dem Meeresboden, noch bei der Tierwelt feststellen. Auf Verklappung gehen etwa 20% der Verunreinigungen in der Nordsee zurück. Dabei bringen Großbritannien etwa 3 Millionen t Abfälle, Belgien, die Niederlande und Westdeutschland jeweils ca 1 Millionen t ein.

Gefährlich bei diesen Industrieabfällen wirken sich vor allen Dingen Schwermetalle wie Zink, Blei, Cadmium und Quecksilber aus, die zu schweren Vergiftungen führen können.

Meeresorganismen nehmen derartige giftige Substanzen nicht nur mit der Nahrung, sondern mit der gesamten Oberfläche auf. Im Organismus werden dann Schwermetalle in Konzentrationen angereichert, die weit über derjenigen liegen, die das Meerwasser enthält. Die anschließende Tabelle gibt hierin einen Einblick (die Werte bedeuten das Verhältnis Frischgewicht: Seewasser)

Algenart	Nickel	Zink	Titan	Chrom
<i>Pelvetia canaliculata</i>	700	1.000	2.000	300
<i>Fucus spiralis</i>	1.000		10.000	300
<i>Ascophyllum nodosum</i>	600	1.400	1.000	500
<i>Fucus vesiculosus</i>	900	1.100	2.000	400

Bekannt durch die Presse ist die Minamata-Krankheit geworden, genannt nach dem Ort Minamata in Japan, in dessen Umgebung eine Chemische Fabrik ihre Quecksilberhaltigen Abfälle längere Zeit ins Meer entließ. Diese Fabrik stellte Fungizide auf Quecksilberbasis her, gleichzeitig wurden Quecksilberverbindungen für bestimmte Synthesevorgänge verwendet. Phenylquecksilber ist z.B. ein Fungizid, das von Zellstoff- und Papierfabriken zur Haltbarmachung ihrer Produkte verwendet wird, Alkylquecksilberverbindungen gebraucht man vielfach zur Samenbeize. Alle diese Quecksilberabfälle lagen in Minamata als Organoverbindung vor, in der sie viel giftiger sind gegenüber der Form als Ion, da sie leichter vom lebenden Organismus aufgenommen werden können. Quecksilber ist an und für sich allgegenwärtig, so daß jeder Mensch am Tag mit seiner Nahrung etwa 0,01 mg aufnimmt. Die Fische der Minamata-Bucht enthielten jedoch 10-50 mg/Kg Frischgewicht. Die Anwohner, die sich von diesen Fischen ernährten und etwa 200 g dieser Fische täglich aßen, inkorporierten damit täglich mehr als 2 mg Quecksilber. Die Krankheitssymptome, wie Taubheit an Lippen und Gliedern, Störung des Tastsinns, der Sprache, des Gehörs, eine Verengung des Sehfeldes stellten sich ein, wenn 25-40 mg Quecksilber in den Körper gelangt waren. Von 116 Patienten starben 46 an dieser zunächst unerklärlichen Krankheit. Der Quecksilbergehalt in den Fischen des Mittelmeeres liegt höher als in anderen Meeren, aber er entstammt wahrscheinlich nicht Industrieabwässern, sondern ist ein natürliches Phänomen seismischer Vorgänge im Meeresboden. Es gibt zwar eine chemische Fabrik bei Ravenna die Acetaldehyd nach dem gleichen Verfahren wie diejenige in Minamata herstellt. Die Fische in der Nähe der Abwasserleitung dieser Fabrik enthalten auch 1-2 mg Quecksilber/Kg Frischgewicht, werden aber nicht gegessen, da sie geschmacklich wegen ölhaltiger Abwässer ungenießbar sind. So traten auch keine Krankheitssymptome auf.

Bleitetraäthyl bekannt als Antiklopfmittel der Autos gelangt über

die Atmosphäre ins Wasser. Schwermetalle sind jedoch stets von der Natur aus vorhanden. Durch Erosion und Vulkanismus kommen sie ins Wasser. Aber eine Zunahme durch die vom Menschen hervorgerufene Industrialisierung zeigen Sedimentkernanalysen des Meeresbodens. Höhere Konz. beginnen sich bei einer Kerntiefe von 125 cm also einem Alter von ca. 200 Jahren bemerkbar zu machen. Sie nehmen bis heute ständig zu.

Mehr oder weniger ausgefauter Schlamm von Klärwerken küstennaher Städte wird z.T. im Meer verklappt, so etwa 250.000 t Schlamm aus den Klärwerken von Hamburg und Elmshorn in der Nähe des Feuerschiffes Elbe 1. Klärschlamm enthält nicht nur der natürlichen Selbstreinigung unterliegende Stoffe, sondern auch beträchtliche Mengen von Schwermetallen. So gelangen mit dem Klärschlamm von London jährlich etwa 100 t Zink, 200 t Kupfer, 100 t Chrom, 50 t Nickel, 10 t Cadmium über die Themsemündung in die Nordsee. Als Folge läßt sich eine Artenverarmung der Bodenfauna und Wasserflora nicht nur infolge einer Schwermetallwirkung, sondern auch durch Sauerstoffentzug und Schwefelwasserstoffbildung erkennen. Denn durch Schwermetalle wird die Zusammensetzung der Destruenten gestört. Mit zunehmendem Giftgehalt sterben auch Bakterien und Pilze ab und es unterbleibt dann jede Mineralisation.

3. VERSCHMUTZUNG DER MEERE MIT ÖL

Der Gesamteintrag von Erdöl und Erdölderivaten in das Weltmeer wird auf zwischen 2 und 12 Millionen t pro Jahr geschätzt.

Dabei sind keineswegs die von der Öffentlichkeit so sehr beachteten Tankerunfälle die Hauptursache, sondern wohl mehr ein Fehlverhalten der Tankerkapitäne, die nach Löschen der Ladung auf hoher See im Schutz der Dunkelheit die Ölreste aus den Tanks mit Meerwasser spülen und das Öl-Wassergemisch über Bord geben. Gespart werden dabei ein Zeitverlust und Unkosten, die bei ordnungsgemäßer Abgabe in Tankreinigungsanlagen entstehen würden.

Im Internationalen Abkommen von London sind Zonen festgelegt, in denen das Ablassen von Öl und ölhaltigen Gemischen grundsätzlich verboten ist (z.B. die Nordsee). Ausgepumptes Ballast- und Tankwaschwasser darf hier höchstens 100 ppm Öl enthalten. Von den und 6.500 z.Zt. im Einsatz befindlichen Öltankern sind 80%, nämlich die den großen Mineralölkonzernen gehörenden, mit dem LOT-System (Load-

on-top) versehen. Diese Schiffe sind mit Sloptanks ausgerüstet. Dort trennt sich leichteres Öl vom Wasser und sammelt sich an dessen Oberfläche an. Sauberes Wasser wird über Bord gegeben und auf die Ölpolsterschicht kommt beim Laden neues Öl (=on top). Man nimmt an, daß die 1,5 Mill t Gesamteintrag auf Kosten der restlichen 20% Schiffe gehen, die nicht mit dem LOT—System ausgerüstet sind. Wichtige Tankerrouten verlaufen durch das Mittelmeer von Suez nach Gibraltar zur Versorgung Europas mit Öl aus dem Persischen Golf. Tankerunfälle sind nur regional von verheerenden Folgen. Hier aber liegt die Tendenz steigend. 1973 flossen bei solchen Unfällen 84.500 t, 1975 188.000 t, 1976 204.000 t Öl ins Meer. Hier trägt der Trend zum Bau immer größerer Schiffe bei (die Neubauten der letzten Jahre besitzen eine Ladekapazität von 300.000 t bis 500.000 t). Nach internationaler Statistik kommen 50% aller Kollisionen von Schiffen mit mehr als 500 t zwischen Dover und der Elbmündung vor. Im März 1978 ist der unter der Flagge Nigeria fahrende Großtanker "Amoco Cadiz" wegen Bruch des Ruders an einem Riff vor der Westbretonischen Küste gestrandet und durch Sturmfluten zerschlagen worden. Dabei strömten 230.000 t Öl aus und verseuchten die Küste der Bretagne auf 450 km. Viele Mill. von Seevögeln, Seeigeln, Seesternen, Muscheln und ganze Algenfelder wurden vernichtet. Die Folgen für die ökologischen Verhältnisse des Küstenbereichs, die Fischerei und den Fremdenverkehr konnten nur durch Einsatz verschiedenster Mittel und unter großen Unkosten in Grenzen gehalten werden.

Nach dem Golf von Mexico ist heute die Nordsee das wichtigste "Off-shore"—Gebiet für Erdölbohrungen (wie weit die Erdölfunde in der Ägäis hiermit zu vergleichen sein werden, muß die Zukunft zeigen). Die Lagerstätten der Nordsee liegen 3.000 m unter dem Meeresboden, sie werden auf 3-3,5 Milliarden t Erdöl und 2,2 Billionen Kubikmeter Erdgas geschätzt, das sind 4% der Erdreserven; z. Zt. haben 500 Bohriseln ihren Betrieb aufgenommen. Pipelines führen zur Küste. Der Verlust durch den "Off-Shore-Betrieb" beträgt 30.000 t jährlich. Dabei ist der Bohrisel Bravo- Unfall im Ekofiskfeld mit einem täglichem Verlust von 4.000 t Rohöl in diesen Zahlen nicht berücksichtigt.

Erdöl ist ein sehr komplexes Gemisch aus vielen 100 Kohlenwasserstoffverbindungen. Es gibt jedoch Unterschiede in der Zusammensetzung je nach Herkunft, Entstehungsort und-zeit. Von diesen Unterschieden wird die biologische Abbaubarkeit und Toxizität bestimmt. Alle Rohöle und ihre Fraktionen sind giftig für Meeresorganismen. Giftigste Bestandteile sind häufig wasserlöslicher als nicht giftige.

Die Dichte des Öls liegt zwischen 0,82 und 0,94. Daher schwimmt Erdöl auf der Wasseroberfläche. Solche "Ölteppiche" können vom Wind und den Meeresströmungen in kurzer Zeit über größere Strecken verfrachtet werden. Ein Beispiel hierfür gibt der Torrey Canyon- Unfall 1967, bei dem ein Ölteppich vom 20. März bis 8. April zwischen der englischen Westküste und der Kanalküste hin und her getrieben wurde. Leichtflüchtige Bestandteile verdampfen innerhalb von 8 Tagen, andere ebenfalls leichtmolekulare Bestandteile lösen sich in den obersten Schichten des Wassers. Durch Permeabilitätsänderungen an den Zellmembranen sind gerade sie giftig für Wasserorganismen. Ein Rest von 75% des ursprünglichen Volumens treibt lange auf dem Wasser. Er ist weniger giftig und wird z.T. von UV-Strahlen oxidiert, z.T. entstehen schmierige asphaltähnliche Verbindungen, Teerklumpen, in der Mehrzahl nur in Erbsengröße ("Tarballs"). In die leichter löslichen Kohlewasserstoffverbindungen lagern sich im Verlauf von Wochen und Monaten Wassertropfchen ein. An den Phasengrenzen siedeln Mikroorganismen verschiedenster Art-Bakterien, Hefen, Algen-, die sich von den Erdölkomponenten ernähren. Für eine gute Abbauleistung dieser Mikroorganismen werden viel Sauerstoff, Nährsalze in Form von Stickstoff und Phosphor desgleichen hohe Wasser-Temperaturen erforderlich. Für die vollständige Oxidation von 1 kg Rohöl sind 3,3 kg Sauerstoff nötig. Bei 15° C und einem Sauerstoff-Gehalt von 8 mg/l würden also 400 m³ Meerwasser gebraucht, um 1 kg Rohöl zu Kohlendioxid und Wasser abzubauen. Hierzu werden Monate und Jahre benötigt. Am Schluß verbleiben Verbindungen, die von den Mikroorganismen nicht mehr angegriffen werden, sie bilden teerartige Agglomerationen.

Die biologisch kaum noch angreifbaren Teerklumpen sinken langsam auf den Meeresboden oder werden an die Strände getrieben, wo sie mühsam abgesammelt werden müssen, um einen Badebetrieb zu ermöglichen. Nach einer Schätzung treiben im Bereich der Haupttankerrouten 150.000 t solcher Teerklumpen. Neben einer beträchtlichen Beeinträchtigung des Erholungswesens, der Fischerei (Verschmutzung der Fanggeräte) leiden besonders die Seevögel unter der Ölpest. Von Öllachen angelockt sehen sie diese als Nahrung an und stürzen sich darauf. Beim Torrey-Canyon-Unglück starben etwa 40-50.000 Seevögel. Über dem von der Öffentlichkeit beachteten Tode der Seevögel darf nicht vergessen werden, daß der Ölverschmutzung jährlich Milliarden an anderen Meeresorganismen erliegen. Hierdurch wird die Ernährung ganzer Tierpopulationen gestört und letztlich das Meer als Nahrungsquelle für den Menschen

geschädigt. Eine Bekämpfung ausgelaufenen Öls ist möglich durch:

1. Abbrennen der leicht flüchtigen entzündbaren Fraktionen (dies hinwiederum ergibt eine zu beachtende Luftverschmutzung).
2. Emulsion und Dispersion des Öl, durch Übersprühen mit fettlösenden Detergentien (Menge 1:1). Detergentien schädigen aber gleichfalls alle Meeresorganismen (Krebse, Muscheln, Fische und auch Algen, besonders Grünalgen. Rotalgen sind gegen Detergentien widerstandsfähiger aber weniger gegen Öl). Ein Gemisch aus Öl und Detergentien erweist sich so mitunter giftiger als Öl alleine. Emulgiertes Öl wirkt nämlich über die ganze Wassersäule. In den letzten Jahren wurden allerdings weniger giftige Detergentien entwickelt.
3. Mittel, die Öl binden z.B. Kalziumcarbonat (Craye de Champagne) und es zum absinken bringen. Dann wird aber mitunter der ganze Meeresboden in flachen Meereszonen damit abgedeckt. Als Folge ergibt sich dort ein völliger Sauerstoffschwund und anaerober Abbau unter Schwefelwasserstoffbildung.
4. Eingrenzung des Ölteppichs durch luftgefüllte Gummiwülste und Abschöpfen oder Absaugen des dazwischen befindlichen Öls durch Spezialschiffe. Dies Verfahren ist nur bei ruhiger See möglich, jedoch vom ökologischen Standpunkt am vorteilhaftesten.

Aber keine der genannten Möglichkeiten befriedigt bisher voll.

Eine Neubesiedlung vernichteter Küstenabschnitte geht zuerst durch Entstehen von Algenpopulationen vor sich, die eine Vorraussetzung für die tierische Besiedlung (Nahrung und Unterschlupf) bilden. Vermehrungsstadien der Algen werden vom Wasser angetrieben, aber auch Rhizoide und Haftscheiben abgestorbener Porphyra- und Enteromorpha- Arten regenerieren sehr rasch.

4. VERUNREINIGUNG DER MEERE DURCH CHLORKOHLLENWASSERSTOFFE

2 große organische Stoffgruppen müssen hier als wichtig angeführt werden.

1. *Polychlorierte Biphenyle (PCB)* waren bis vor wenigen Jahren in zahlreichen wichtigen Erzeugnissen der Kunststoffindustrie enthalten z.B. Polyvinylchlorid (PVC). Die Weltproduktion betrug 1970 ca. 80.000 t. Sie ging inzwischen in den USA auf die Hälfte zurück, in Japan wurde sie ganz eingestellt.
2. *Dichlor-Diphenyl-Trichloräthan (DDT)* und verwandte Präparate,

bekannt unter der Handelsbezeichnung Aldrin, Dieldrin, Endrin, Lindan, Heptachlor, Methoxychlor, Toxaphen usw. wurden seit 1945 mindestens in der Größenordnung von 3.000.000 t produziert. Sie dienen der Bekämpfung von Pflanzenschädlingen und Insekten als Krankheitsüberträger (Malaria, Schlafkrankheit), sind also Insektizide. In der BRD und anderen europäischen Staaten ist ein Verkauf und die Anwendung dieser Präparate seit Jahren verboten. Sie wurden ersetzt durch organische Phosphorverbindungen (Phosphorsäureester), die mit dem Saftstrom der Pflanze transportiert werden. Als sogenannte Systemgifte, entfalten sie ihre Wirkung nach Kontakt, Fraß oder Aufnahme mit der Atmung erst durch Umbau im tierischen Organismus. Es sind hauptsächlich Nervengifte, die eine geringe Lebensdauer haben. Sie zerfallen innerhalb von 2 bis 3 Wochen in ungiftige Abbauprodukte, wobei es dann natürlich zu einer Phosphoranreicherung kommt. In den tropischen und subtropischen Entwicklungsländern rechnet man dagegen, daß auch künftig jährlich 100.000 t DDT ausgebracht werden, da preisgünstige Alternativen zu diesem Präparat nicht vorhanden sind.

Chlorierte Kohlenwasserstoffe besonders DDT sind heute auf der ganzen Erde allgegenwärtig genau so nachweisbar im Fett der Pinguine, wie im Grönlandeis. Die Verseuchung hat folgende Gründe: PCB oxidiert erst bei T über 800° C völlig zu Kohlendioxid und Salzsäure. Bei niedrigeren Verbrennungstemperaturen gehen chlorierte Biphenyle unverändert in die Atmosphäre. Beim Versprühen und Verstäuben mit DDT verbleibt ein sehr hoher Prozentsatz (bis zu 50%) in der Luft und wird vom Wind mehr oder weniger weit verfrachtet. So gelangen chlorierte Kohlenwasserstoffe mit den Niederschlägen auf die Oberfläche des Festlandes und der Ozeane. Ein weiterer Anteil der auf die von Land- und Forstwirtschaft genutzten Flächen aufgebrachten Insektizide gelangt durch das Niederschlagswasser in Rinnsale, Bäche und Flüsse und entgültig dann ins Meer. Chlorierte Kohlenwasserstoffe sind sehr stabil, sie werden nur in sehr langen Fristen 10-30 Jahren zu ungiftigen Verbindungen abgebaut.

Die als "fall-out" bisher ins Meer gelangte Menge beträgt 0,0005-0,0007 (lokal 0,15 µg) DDT/l Meerwasser. Chlorierte Kohlenwasserstoffe lagern sich in Fettgeweben, Ölen und fettähnlichen Substanzen (Lipoiden) von Lebewesen aller Art (beim Menschen auch in Muskeln, Keimdrüsen und Nervengewebe) an. Eine Anreicherung kommt über die Nahrungskette sich von Glied zu Glied potenzierend zu

immer stärkeren und schließlich hohen Konzentrationen im Endglied. So konnte nach einer Gnitzenbekämpfung durch DDT-Abkömmlinge, bei der diese Substanz nur in Spuren ins Wasser gelangte zu einer Zeit, als sie sich dort gar nicht mehr nachweisen ließ, analysiert werden, daß im Plankton eine 250 fache Anreicherung, in Plankton fressenden Fischen eine 2.000 fache Anreicherung, in Raubfischen eine 15.000 fache Konzentrierung und in Tauchern, die sich von Fischen ernähren eine solche von fast 100.000 fach stattgefunden hatte. Meeresorganismen nehmen ebenfalls Chlorkohlenwasserstoffe nicht nur mit der Nahrung, sondern mit der ganzen Körperoberfläche auf. Die Wirkung ist eine Störung des Fortpflanzungszyklus z.B. bei Seelöwen und Ringelrobben. Bei Vögeln gehen besonders Jungtiere und Küken unter Krämpfen ein, wie sie für Nervengifte typisch sind. Über den Enzymhaushalt kommt es zu einer Veränderung des Kalkstoffwechsels, so werden die Kalkablagerungen in den Eierschalen reduziert. Ein Zerdrücken oder Eintrocknen des Eiinhalts ist die Folge. Bei Kolonien des braunen Pelikans (*Pelicanus occidentalis*) in einer Bucht von Kalifornien schlüpfen 1969 bei 1125 Gelegen nur noch 4 Junge.

5. RADIOAKTIVE SUBSTANZEN

Seit Einstellung der oberirdischen Atombombenversuche ist die Radioaktivität des Meerwassers allgemein zurückgegangen. Ein schwerwiegendes Problem liegt in der Einbringung radioaktiver Abfälle in die Meere. Nach Mitteilung der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit (OECD) sind seit 1967 bis 1977 52.000 t radioaktiven Materials im Atlantik 600 Seemeilen westlich der britischen und französischen Atlantikküsten in etwa 4.600 m Tiefe versenkt worden.

Schleichende Veränderungen treten dort auf, wo Kühlwasser von Atomkraftwerken zu einer Erwärmung führen. Mit der Temperaturerhöhung ist ein geringerer Sauerstoffgehalt und schnellerer biologischer Umsatz verbunden, der hinwiederum mehr Sauerstoff benötigt. Er führt leicht zu Sauerstoffmangel für die Biomasse, die dann abstirbt und deren Abbau wiederum mehr Sauerstoff erfordert. So gibt es dann nur noch anaerobe Abbauvorgänge unter Schwefelwasserstoff-Bildung.

Eine Erfassung der Umweltbelastung bzw. Meeresverunreinigung ist mit folgenden Methoden möglich

1. Wasseranalyse (Chem. Bestimmung von Schadstoffen, CSB)
2. Bestimmung der Biomasse

3. Bestimmung der Keimzahl, BSB
4. Bestimmung des Sauerstoff-Gehaltes (Überschuß, Defizit)
5. Bioindikatoren (z.B. *Cystoseira crinata*)

Der Biologe greift gerne auf Bioindikatoren zurück, welche es erlauben, bereits visuell einen Schaden zu erkennen und abzuschätzen. Bioindikatoren können dabei in ihrer Rezeption einmal eine allgemeine Belastung, mit unter jedoch sogar eine spezifische durch ihr Schadbild anzeigen. Die Reaktion auf den Schadstoff hinwiederum kann Komponenten unspezifisch ausfallen oder für die Schadkomponente spezifisch sein, wie dies in Abb. 2 dargestellt ist. Einen Nachteil bedeutet es, daß eine Umweltbelastung erst nach Eintreten eines äußerlich sichtbaren Schadbildes erkennbar wird. Biochemische Untersuchungen des Enzymstoffwechsels lassen jedoch mitunter bereits an der noch äußerlich intakt erscheinenden Pflanze die Schadwirkung eines Umweltgiftes erkennen und bestimmen. Während hier für höhere Pflanzen bereits eine Reihe von Untersuchungen vorliegen, existieren Angaben auf diesem Sektor, für Meeresalgen noch nicht, ja die Phase einer Suche nach Bioindikatoren ist im marinen Bereich kaum überschritten.

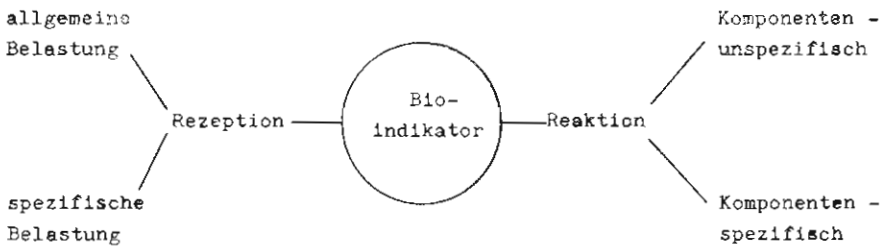


Abb. 2: Wirkungsweise von Bioindikatoren, Erklärung siehe Text.

INTERNATIONALE GESETZLICHE REGELUNGEN

In seinen Küstengewässern verfügt jeder Küstenstaat nach der Genfer Küstengewässerkonvention (1958) über die volle Souveränität. 3 Meilen stellen die eigentlichen Hoheitsgewässer und 12 Meilen zur Zeit die Fischereizone dar, letztere wird in naher Zukunft zumindest auf den jeweiligen Schelfbereich, wahrscheinlich auf 50 möglicherweise 200 Seemeilen ausgedehnt. In den Küstengewässern gehört es zu den vordringlichen gesellschaftspolitischen Aufgaben eines jeden Landes für die Erhaltung einer lebenswerten Umwelt zu sorgen. Im Rahmen dieses

Zielkomplexes nimmt die Reinhaltung des Meeres einen bedeutenden Platz ein. Für die Hohe See können gemäß dem völkerrechtlichen Grundsatz der "Freiheit der Meere" Regelungen nur durch internationale Abmachungen getroffen werden, die die Unterzeichner zum Erlaß einschlägiger Gesetze und deren Überwachung verpflichten. Die folgenden liegen vor:

- 1) Für die Nordsee die London-Konvention von 1945, erweitert 1962 "Übereinkommen zur Verhütung der Verschmutzung der See durch Öl" IMCO-Abkommen (Intergovernmental Maritime Consultative Organisation). Fortsetzung und Erweiterung dieser Konvention im London-Abkommen 1972 "Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Einbringen von Abfällen und anderen Stoffen".
- 2) Für den Nordatlantik das Abkommen von Oslo 1972.
- 3) Zum Schutz der Ostsee das Helsinki Abkommen 1974.
- 4) Das Übereinkommen von Barcelona 1976 zum Schutze des Mittelmeeres. Es ist zwar von den meisten Anliegerstaaten unterzeichnet, aber noch nicht in Kraft gesetzt worden.

REFERENCES

1. ANT, H., (1972): Verschmutzte Meere. Bild der Wissenschaft. Jhrg. **9**, H. 2. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart.
2. BUCHWALD/ENGELHARDT (1978): Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt Bd. 2. Die Belastung der Umwelt, München.
3. DUURSMA, E. G. und M. MARCHAND, (1974): Aspects of organic marine Pollution. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. Bd. **12**, George Allen u. Unwin Ltd., London.
4. ENRHARDT, M. and K. GRASSHOFF, (1977): Wird das Meer durch Öl verseucht? Bild der Wissenschaft, **6**/1977. DVA Stuttgart.
5. FLOODGATE, D. G., (1972): Microbial Degradation of Oil. Mar. Pollut. Bull. **3**.
6. FONSELLIUS, S. H., (1972): On Entrophication in the Baltic Sea. In: M. Ruivo (Hrsg.): Marine Pollution and Sea Life. Fishing News. London.
7. GERLACH, S. A., (1976): Meeresverschmutzung. Diagnose und Therapie. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg-New York.
8. GUNDEL, W., (1972): Mikrobiologischer Abban von Mineralöl und dessen Beeinflussung durch Emulgatoren. In Schultze, H. (Hrsg.), Umweltreport, Umschau Verl. Frankfurt/M.
9. ICES, (1973): Eutrophication of the North Sea. London.
10. KINNE, O., (1968): Biologische und hydrographische Probleme der Wasser-
verunreinigung in der Nordsee und angrenzenden Gewässern. Helgoländer
wiss. Meeresuntersuchungen, Bd. **17**, Hamburg.
11. LLOYD-JONES, C. P., (1971): Evaporatiou of DDT. Nature 229. London.
12. MC CAULL, I. und I. CROSSLAND, (1974): Water Pollution. Harcourt Brace
Jovanovich, New York.
13. PETERSEN, M., (1972): Sanierungsmaßnahmen an Küstengewässern. In: Schultze,
H. (Hrsg.), Umweltreport, Umschau Verl. Frankfurt/M.
14. WALDEN, H., (1972): Verunreinigung der Meere. In: Schultze, H. (Hrsg.), Um-
weltreport, Umschau Verl. Frankfurt/M.
15. WEICHART, G., (1969): Industrielle Abfallstoffe gefährden die Nordsee. Umschau
in Wissenschaft und Technik. H. **19**. Frankfurt/M.
16. WEICHART, G., (1972): Einbringen von Industrieabfällen ins Meer mit Schiffen.
In: Schultze, H. (Hrsg.), Umweltreport, Umschan Verl. Frankfurt/M.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΥΤΗΣ

ὑπὸ

H. O. SCHWANTES

(*Εργαστήριο Οικολογίας Φυτῶν τοῦ Πανεπιστημίου Justus Liebig, Giessen*)

Τὸ σημερινὸ θαλάσσιο οἰκὸσύστημα ἀντιπροσωπεύει ἓνα ἀπὸ τὰ τελευταία ἀποθεματικὰ τῆς ἀνθρωπότητος γιὰ τὴν ἀπόκτηση πρωτεϊνικῶν τροφῶν, ἀκατέργαστων μεταλλικῶν ὑλικῶν καὶ πόσιμου νεροῦ (μὲ ἀφαλάτωση). Οἱ ἀκτὲς ἰδιαιτέρως εἶναι ἐξοχῆς σημασίας γιὰ σπὸρ καὶ ψυχαγωγία. Οἱ προσπάθειες γιὰ νὰ ἐπιτευχθοῦν οἱ παραπάνω σκοποὶ πολὺ συχνὰ ἐνεργοῦν κατὰ τρόπο ἀντίθετο καὶ μάλιστα ἐξουδετερώνονται ἀπὸ διάφορες δραστηριότητες, οἱ ὁποῖες τελικὰ συντελοῦν στὴ μετατροπὴ τῶν κακομεταχειρισμένων ὠκεανῶν σὲ γιγάντιους σκουπιδοτόπους.

Οἱ δυνατότητες νὰ διαλυθοῦν αὐτὰ τὰ ὑλικά σὲ μὴ ἀνιχνεύσιμες μικρὲς συγκεντρώσεις ἐξαρτῶνται εἰδικὰ ἀπὸ τὶς ἐπικρατοῦσες ὑδρογραφικὲς συνθήκες καὶ οἱ δυνατότητες αὐτὲς τῶν ὠκεανῶν γενικὰ ὑπερεκτιμῶνται.

Ἐπάρχει ἓνας σημαντικὸς ἀριθμὸς διαφορετικῶν παραγόντων, τρόπων καὶ ὑλικῶν γιὰ νὰ προκληθεῖ θαλάσσια ρύπανση. Σ' αὐτὴ τὴν ἐργασία θὰ δοθεῖ προσοχὴ στὰ ἀκόλουθα:

1. Εἰσροὴ λυμάτων (ἀπὸ σπίτια, ξενοδοχεῖα καὶ βιομηχανίες) μέσα ἀπὸ τὰ ἀποχετευτικὰ συστήματα. Ὡς συνέπεια αὐτῶν τῶν μεθόδων προκύπτουν προβλήματα ὑγιεινῆς καὶ εὐτροφισμοῦ ἢ ὑπερτροφισμοῦ τῶν ὑδάτων· τὸ τελευταῖο ὡς ἀποτέλεσμα τῆς εἰσαγωγῆς μεγάλων ποσοσθῆτων ἀπὸ θρεπτικὰ ἄλατα τῶν φυτῶν (εἰδικὰ NH_4 , NO_3 καὶ PO_4), τὰ ὁποῖα στὴ συνέχεια αὐξάνονται περισσότερο μὲ τὴν ἐκπλυση τῶν λιπασμάτων, ἐνδεχόμενα ἀπὸ τὴν προσθήκη ἐντομοκτόνων, ζιζανιοκτόνων κ.ἄ., καθ' ὅτι οἱ οὐσίες αὐτὲς χρησιμοποιοῦνται στὴ γεωργία καὶ τὴ δασοπονία. Μεγάλοι ὄγκοι ἀπὸ νεκρὸ πλαγκτὸ ποὺ εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς παραπάνω δράσεως ὀδηγεῖ στὴν ἔλλειψη ὀξυγόνου καθὼς καὶ στὸ σχηματισμὸ H_2S .

2. Βιομηχανικὰ λύματα ποὺ χύνονται στοὺς ποταμούς ἢ ἀμέσως ἀπο-

βάλλονται στις άκτες μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες βαρέων μετάλλων μέσα στη θάλασσα. Τα βαρέα μέταλλα μπορούν είτε με άμεσο τρόπο είτε δια μέσου της τροφικής αλυσίδας να συσσωρευθούν μέσα στους ζωντανούς οργανισμούς μέχρις ότου έπιτευχθούν επιβλαβείς συγκεντρώσεις (συγκρ. την ασθένεια «minamata»).

3. Το πετρέλαιο και τα παράγωγά του μπορούν να προκαλέσουν καταστροφή και έξαφάνιση ακόμα της χλωρίδας και της πανίδας μεγάλων περιοχών των θαλάσσιων άκτων.

4. Χλωριομένοι ύδρογονάνθρακες (PCB και DDT) φθάνουν στη θάλασσα υπό την μορφή καταλοίπων. Σήμερα ήδη βρίσκονται παντού. Η συσσώρευσή τους μέσα στο σώμα των ζώων με την βοήθεια της τροφικής αλυσίδας μπορεί να φθάσει σε ανεπανόρθωτες τοξικές συγκεντρώσεις.

5. Συζητείται επίσης ή επίδραση ραδιενεργών ουσιών, καθώς και οι τοπικές υπερθερμάνσεις των υδάτων από τα έργοστάσια ατομικής ενέργειας (άντιδραστήρες).

Στο τέλος αυτής της έργασίας δίνονται οι κατάλληλες αναλυτικές μέθοδοι και οι διεθνείς νομικές ρυθμίσεις για να διατηρηθούν καθαρές οι θάλασσες.