

worden ist. Sonst kommt grundsätzlich jede Maßnahme zu spät.

2. Sofortige Wirkungen von Schutzmaßnahmen sind äußerst unwahrscheinlich. Die »Nachlaufeffekte« der Schadstoffe ziehen sich über Jahre, wenn nicht Jahrzehnte hin. Umso wichtiger ist es, an einmal beschlossenen Schutzmaßnahmen auch dann festzuhalten, wenn sich die gewünschte Verbesserung im Zustand des Meeres nicht schon nach kurzer Zeit einstellt.

66609

1.9 Effekte der Ölverschmutzung*

(J. KUIPER)

Abgesehen von der immensen Belastung mit anderen Schadstoffen, wie vor allem 40.000 Tonnen Schwermetalle und 100 Millionen Tonnen Baggergut, erhält die Nordsee jedes Jahr eine riesige Menge Öl. Gesamtschätzungen variieren zwischen 80.000 und 220.000 Tonnen pro Jahr, das ist eine »Torrey Canyon« oder eine »Amoco Cadiz« in jedem Jahr! (NEWMAN & AGG, 1988; KUIPER & VAN DER BRINK, 1987)

Ölverschmutzung ist für die allgemeine Öffentlichkeit eine der bekanntesten Arten von Meeresverschmutzung. Der Grund ist möglicherweise die fast permanente Anwesenheit von Öl an den Stränden um die Nordsee und die ausführliche Publizität, die spektakuläre Tankerunfälle erhalten, sowie die Tatsache, daß große Mengen toter Vögel oft ein sichtbarer Ausdruck der Ölverschmutzung sind. Hier werden einige

* Dieser Beitrag ist in englischer Sprache bereits im »North Sea Monitor« 3/88, Amsterdam, erschienen.

Informationen über die Quellen der Ölverschmutzung in der Nordsee und die Effekte dieser Verschmutzung auf verschiedene Teile des Ökosystems gegeben.

Herkunft

Tab. 1.9-1 zeigt einige neuere Daten über die Ölmengen, die in die Nordsee gelangen, zusammen mit den Hauptquellen (SCHOLTEN & KUIPER, 1988).

Die Verschmutzung aus der Atmosphäre stammt aus der unvollständigen Verbrennung in Maschinen, die Kohlenwasserstoffe als Brennstoff verwenden, wie Autos, Elektrizitätswerke, etc. Dies ist eine sehr diffuse Quelle der marinen Ölverschmutzung.

Schätzungen des Landabflusses über Flüsse und die Verklappung von Hafenschlamm differieren deutlich, aber in allen Schätzungen stellt der Landabfluß eine bedeutende Quelle der Ölverschmutzung der Nordsee dar.

Eine Zeitlang glaubte man, daß die Schifffahrt die Hauptquelle des Öls im Meer sei. Jetzt wissen wir, daß 10–20% des Öls in der Nordsee von Schiffen kommen (zufälliges Auslaufen, vorsätzliches Ablassen von Ballast- und Tankreinigungswasser, Wasser aus Reinigung und Wartung, Bilgenwasser). Einige der Abwässer sind legalisiert, die meisten nicht. Die großen Tankerunfälle, die in der Presse so viel Aufmerksamkeit erhalten, liefern (relativ gesprochen) nur eine sehr geringe Menge des Öls, das in die See kommt. Die Anzahl der Öldelikte von Schiffen hat in den vergangenen paar Jahren leider nicht abgenommen. Allein im holländischen Sektor gibt es mehr als 10.000 Öldelikte pro Jahr.

Last but not least bildet die Offshore-Industrie eine schnell wachsende Quelle des Öls in der Nordsee. Öl gelangt auf drei Wegen von Offshore-Installationen ins Meer: durch zufälli-

Tab. 1.9-1: Schätzung der Ölverschmutzung in der Nordsee in t pro Jahr

QUELLE	Institute of Offshore Engineering (1985) (Dept. of Energy, UK)	Public Works Dept. Ministry of Transport and Public Works (1987, NL)
Atmosphäre	19.000 - 20.000	19.000 - 20.000
Landabfluß	60.000 - 111.000	36.000 - 36.000
Schifffahrt	5.000 - 12.000	10.000 - 20.000
Offshore	23.000 - 23.000	50.000 - 70.000
Total	107.000 - 165.000	115.000 - 146.000

ges Auslaufen, durch sogenannte Arbeitsabwässer («operational discharges», z. B. Produktionswasser) und als auf Öl basierender Bohrschlamm, gemischt mit verworfenen Bohrabfällen. Die Ölmengen, die in diesen drei Kategorien in die Nordsee gelangen, sind in den vergangenen zehn Jahren enorm angestiegen.

Wirkungen des Öls

Bei der großen Breite der in der Nordsee vorhandenen Ökosystem-Typen ist es sehr schwierig, eindeutige Dosis-Effekt-Relationen aufzustellen, die die diversen Arten des Öls betreffen, das unter verschiedenen Umständen ausgelaufen ist. Öltypen variieren in ihrer chemischen Zusammensetzung ebenso wie in ihrer potentiellen Toxizität. Lösliche aromatische Derivate sind vermutlich die giftigsten Ölkompontenten.

Das Wissen über den Weg des Öls, nachdem es ins Ökosystem gelangt ist, ist sehr wichtig für die Abschätzung der Wirkungen. Abgelassenes Öl kann vier Wegen folgen:

- ☐ es verschwindet von der Seeoberfläche durch Verdampfen oder mechanische Reinigungsoperationen, keine Effekte auf das Ökosystem;
- ☐ Öl treibt an der Meeresoberfläche; es bedroht unter anderem Oberflächenorganismen;
- ☐ das Öl wird im Wasser dispergiert oder gelöst; das kann toxische Effekte auf Organismen haben, die im Wasser oder auf und im Meeresboden leben;
- ☐ Öl sedimentiert und reichert sich am Meeresboden an, wo es eine anhaltende Wirkung auf das System haben kann, denn der Abbau verläuft in den oft anoxischen Sedimenten sehr langsam.

Die Wirkungen aller dieser verschiedenen Wege können in der Nordsee gefunden werden. Jedes Jahr fällt eine große Anzahl Vögel dem treibenden Öl zum Opfer. Normalerweise (!) sterben einige hunderttausend Vögel jährlich in der Nordsee; in einigen Jahren erhöht sich die Zahl noch durch Katastrophen, wie dem Ölteppich im holländischen Wattenmeer im Winter 1987, der mehr als 10.000 Vögel tötete. Allgemein gibt es keine Korrelation zwischen der Menge des abgelassenen Öls und der Anzahl der verunglückten Vögel. Die 10.000 Vögel im Wattenmeer, die hier erwähnt wurden, waren

Opfer von weniger als 1 Tonne Öl eines Schiffes, die in einem Gebiet hoher Vogeldichte abgelassen wurde.

Effekte wurden auch durch Öl in der Wassersäule beschrieben. Nach großen Unfällen, wie dem Bravo-Ausbruch, wurden Wirkungen auf das Plankton beobachtet. Mit steigenden Ölgehalten wurden steigende Enzymaktivitäten in Fischen und anderen Organismen um Bohrseln und Ölterminals gefunden. Experimentelle Studien mit natürlichen Planktongemeinschaften (DAVIES et al., 1981) haben gezeigt, daß Produktionswasser von Ölplattformen, das nur 5–15 Mikrogramm Öl pro Liter enthielt, einen Effekt auf Zooplankton haben kann. Diese Konzentrationen gibt es in bis zu 1.000 Meter Entfernung von einer Ölplattform. Wegen der natürlichen Variabilität ist es natürlich sehr schwierig, solche experimentellen Daten im Feld abzusichern.

Zusammen mit unbeabsichtigten Einleitungen und den Abwässern des öligen Produktionswassers verschmutzt die Offshore-Industrie den Boden der Nordsee mit großen Mengen an Bohrabfällen, verunreinigt mit dem Öl des auf Öl basierenden Bohrschlamms. Die Effekte dieser Abfälle um eine Bohrsinsel wurden in den britischen, norwegischen und holländischen Sektoren der Nordsee untersucht. Die Ergebnisse dieser Monitoring-Programme zeigten ähnliche Muster. In der unmittelbaren Nähe der Plattformen wurden starke Effekte auf benthische Organismen beobachtet. Manchmal alle oder nahezu alle Organismen verschwanden durch die Kombination aus physischem Erstickten unter den Abfällen und der toxischen Wirkung der Bohrschlamm-Komponenten (seien es auf Diesel basierender oder sogenannter »low-tox«, auf Öl basierender Schlamm). In größerer Entfernung ersetzte eine große Anzahl von einigen opportunistischen Arten die ursprüngliche Fauna. Im allgemeinen wurden starke Effekte bis 1 km, abnehmende Effekte in einem Radius bis zu 5 km vom Rigg entfernt gefunden (SCHOLTEN & KUIPER, 1988; KUIPER, 1986; DICKS et al., 1988). Obwohl die Wirkungen lokal sind, können Bohraktivitäten eine substantielle Störung des benthischen Systems der Nordsee verursachen, wenn die große Zahl dieser Aktivitäten in Betracht gezogen wird. Darüberhinaus zeigten neuere Monitoringstudien im holländischen Sektor, daß die Effekte der Bohroperationen noch mehrere Jahre nach

Stilllegung des Riggs in der Gegend gefunden werden können (SCHOLTEN, pers. Mittl.).

Schlußbetrachtung

Nicht die wohlbekannten Tankerkatastrophen, sondern die regulären Abfälle durch Schifffahrt und Offshore-Industrie sind neben den Zufuhren von Land die Hauptverantwortlichen im Zusammenhang mit der Ölverschmutzung der Nordsee. Das legale und illegale Ablassen von Öl durch die Schifffahrt und die Ölindustrie haben zu vielen gut dokumentierten Wirkungen auf verschiedene Teile des Nordsee-Ökosystems geführt, insbesondere auf Vögel und auf das benthische Ökosystem. Effekte des atmosphärischen Eintrags von Öl oder von Öl, das aus dem Landabfluß stammt, sind weniger bekannt. Es ist dringend notwendig (und auch technisch machbar, wenn der politische Wille existiert), die Ölmenge zu reduzieren, die durch die Schifffahrt und die Offshoreaktivitäten in die See gelangt.

(Dieser Beitrag ist in englischer Sprache bereits im »North Sea Monitor« 3/88, Amsterdam, erschienen)

66610

1.10 Radioaktive Substanzen

(H. NIES)

Presseberichte über das Vorkommen radioaktiver Substanzen in der Umwelt führen regelmäßig zu einem großen Interesse und zur Beunruhigung in der Bevölkerung. Sind die Gründe hierfür auch vielschichtig, so spielt hauptsächlich auch die Tatsache eine wichtige Rolle, daß in der Bevölkerung eine große Unsicherheit gegenüber dem großen Gefährdungspotential besteht, das durch die energiereiche Strahlung zustande kommt, die aus dem Atomkern radioaktiver Isotope emittiert wird. Darüberhinaus hat die Natur den Menschen mit keinem Sinnesorgan für radioaktive Strahlung ausgestattet. Wie in allen Umweltbereichen kommen auch im Meer radioaktive Isotope vor. Im folgenden soll deshalb dieses Thema für die Nordsee behandelt werden.

Natürliche Radionuklide im Meer

Im Meerwasser lassen sich heute fast alle chemischen Elemente nachweisen – auch eine Reihe Radionuklide, die entweder primordial, d. h. seit Entstehung der Erde, vorhanden sind oder durch kosmische Höhenstrahlung ständig nachgebildet werden.

Zu den primordialen Radionukliden zählen neben Kalium-40 (K-40) z. B. die Aktiniden Uran-238 (U-238), Uran-235 (U-235) und Thorium-232 (Th-232), die selbst jeweils wieder Anfangsglieder einer ganzen Zerfallsreihe sind, bis ihre stabilen Endprodukte Blei-206 (Pb-206), Blei-207 (Pb-207) und Blei-208 (Pb-208) gebildet werden. Entsprechend ihrem chemischen Verhalten im Meerwasser findet eine Fraktionierung innerhalb der Zerfallskette zwischen Wasser- und Sedimentphase statt, so daß daraus eine unterschiedliche Konzentration der Elemente in der jeweiligen Zerfallsreihe im Sediment und Meerwasser resultiert.

Als Beispiele für Nuklide, die durch die kosmische Höhenstrahlung ständig produziert werden, seien Tritium (H-3), Beryllium-7 (Be-7) und -10 (Be-10), Kohlenstoff-14 (C-14), Aluminium-26 (Al-26) und Silicium-32 (Si-32) aufgeführt (VIOLA & MATHEWS, 1987). Diese Nuklide lagern sich an Aerosole in der Atmosphäre an und regnen dadurch auf die Meeresober- und Landfläche ab.

Die Konzentration einiger natürlicher Radionuklide in der Meeresoberfläche sei in *Tab. 1.10-1* einmal aufgezeigt.

Die Aktivitätskonzentrationen der aufgeführten Radionuklide überstreichen mehrere Größenordnungen. Die in der *Tab. 1.10-1* aufgeführten Beispiele natürlicher Radionuklide geben eine Vorstellung von ihrem Gesamtinventar in der Nordsee, wenn man ein Wasservolumen von etwa 42.000 km³ zugrunde legt, das beispielsweise für K-40 in der Größenordnung von 500 PBq liegt (1 P(eta)Bequerel = 10¹⁵ Bq).

Um die unterschiedliche Konzentration bezüglich einer Strahlendosis bewerten zu können, muß jedoch der Dosisfaktor, der die biologische Wirkung dieser Substanzen nach Ingestion oder Inhalation berücksichtigt, zugrunde gelegt werden. Ein wesentlicher Teil der internen Strahlenexposition des Menschen wird durch K-40 verursacht, jedoch wird K-40 im menschlichen Körper nicht angereichert, so daß keine zusätzliche Dosis appliziert wird, wenn K-40 durch die Nahrung aufgenommen wird. Für die Strah-