

# **Erfahrungen der Bundesrepublik Deutschland mit der Verklappung von Klärschlämmen**

Volkert Dethlefsen  
Cuxhaven

## **Kurzfassung**

Von 1961 bis 1980 wurden jährlich 350 000 m<sup>3</sup> Klärschlämme der Freien und Hansestadt Hamburg in einem Seegebiet zwischen Helgoland und Cuxhaven verklappt. Langzeituntersuchungen an großen Bodentieren zeigten einen kontinuierlichen, abwärtsgerichteten Trend der Artenvielfalt und Massenentwicklungen bestimmter Arten während bestimmter Perioden der jeweiligen Jahre. Diesen Massenentwicklungen folgten regelmäßig die Zusammenbrüche der Makrofauna während der Sommermonate. Niedrige Sauerstoffgehalte in der Wassersäule und auch in den Sedimenten wurden als primäre Ursache für diese Massenzusammenbrüche angenommen. Weiter hatten die Klärschlämme Störungen der Fischerei zur Folge. Es wurden erhöhte Krankheitsraten des Kabeljau (*Gadus morhua*) und der Kliesche (*Limanda limanda*) in der Umgebung des Verklappungsgebietes festgestellt. Das Verklappungsgebiet wurde daraufhin in den Atlantik verlagert, und die Abfallverbringung wurde endgültig am 15. April 1983 beendet. Die Untersuchungen in diesem Gebiet wurden fortgesetzt. Leichte Veränderungen des Sedimentes zum Besseren wurden nachgewiesen, aber nach wie vor kam es zu Zusammenbrüchen der Makrofauna in den Sommern der Jahre 1983 und 1984. Diese wurden als Hinweis auf die generell schlechte Wasserqualität in diesem Gebiet interpretiert. Nach Beendigung der Verklappung wurden die Abfälle in Landdeponien verbracht, und es wurde versucht, Alternativen zu entwickeln für die Weiterverwendung der Schlammmaterialien. Einer solchen Weiterverwendung stand allerdings die hohe Kontamination mit Organochlorverbindungen und Schwermetallen entgegen.

## **1. Einleitung**

Meinungen über die möglichen Auswirkungen der Verklappung von Klärschlämmen in das Meer reichen von segensreich bis katastrophal. Das hängt im wesentlichen von den Eigenschaften der Abfälle ab, jedoch auch von der Aufnahmefähigkeit der Verklappungsgebiete. Während man generell davon ausgehen kann, dass unkontaminierte Klärschlämme sicher in solchen Meeresgebieten untergebracht werden können, in denen sie schnell verteilt werden, können Probleme dort entstehen, wo kontaminierte Klärschlämme sich in den Verklappungsgebieten anreichern. In der Literatur gibt es eine Reihe von Beispielen, wie Klärschlämme sich in unterschiedlichen Verklappungsgebieten verhalten. In der Lyme-Bucht an der Südostküste des Vereinigten Königreiches, einem Beispiel für ein anreicherndes Verklappungsgebiet, konnten erhöhte Konzentrationen von Kohlenstoff, Stickstoff, Schwermetallen, beispielsweise Quecksilber, Kupfer, Zink, Blei, Nickel, Chrom, gemessen werden, obgleich noch relativ geringe Mengen von Klärschlamm verklappt wurden.

Wie zu erwarten konnten negative Einflüsse auf das Benthos festgestellt werden (Eagle et al. 1978). In Verklappungsgebieten mit hoher Verteilung, wie zum Beispiel dem Humber-Ästuar, war die Erhöhung der Konzentrationen von organischem Material und Schwermetallen nur leicht und lokal begrenzt (Norton 1980). Im Falle der Verklappung im äußeren Themse-Ästuar konnte festgestellt werden, dass die eingebrachten Mengen für die Verteilungskapazität des Gebietes zu hoch waren, so dass unschwer Gebiete mit erhöhter Konzentration von organischem Material und Schwermetallen identifiziert werden konnten. Die Fauna in diesen Gebieten war unter Stress geraten und bestimmte Arten, die als

Indikatorarten für derartige Verschmutzungen gelten, kamen in stark erhöhten Stückzahlen vor (Norton et al. 1981).

Häufig werden Klärschlammverklappungsgebiete auch für die Beseitigung industrieller Abfälle genutzt. Das ist im Humber-Ästuar der Fall, das folglich als stark belastet eingestuft werden muss. Hier ist es schwierig, Einflüsse der Klärschlammverklappung von anderen zu trennen (Lindsey et al. 1980). Oft werden kontaminierte Klärschlämme in bereits anderweitig stark vorbelastete Ästuare verklappt. Veränderungen der Fauna sind dann zwar nachweisbar, aber nicht mehr einzelnen Verschmutzungskomponenten zuzuordnen.

Von 1961 bis 1980 wurden jährlich 350 000 m<sup>3</sup> Klärschlamm in der Deutschen Bucht verklappt.

## 2. Das Gebiet

Das Verklappungsgebiet befand sich zwischen der Insel Helgoland und der Küste in den äußeren Bereichen des Elbe-Ästuars in der Deutschen Bucht. Es lag im Elbe-Weser-Dreieck und empfing somit kontaminierte Abflüsse aus beiden Flusssystemen. Die Sedimente, die ursprünglich als sandig-schlammig eingestuft wurden (Caspers 1979), waren in den 1980ern schlammig (Rachor 1980). Das Verklappungsgebiet überdeckt den östlichen Zipfel eines Sedimentationsgebietes (schlickig) (Figge 1981) mit zwei unterschiedlichen Typen überwiegender Sedimente. Dieser Sedimentverteilung entsprechend ist die östlich des Verklappungsgebietes befindliche Benthosgemeinschaft, eine *Macoma baltica*-Gemeinschaft, hingegen die westlich davon befindliche eine *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft (Rachor 1982). Das heißt, das Verklappungsgebiet befand sich in einer faunistischen Übergangszone, was die Interpretation der Veränderungen der Bodentierbesiedlung erschwerte. Die Situation wurde weiter kompliziert durch die großen Schwankungsbereiche von Umweltfaktoren, wie Salzgehalt, Temperatur, Gezeitenströmungen, unterschiedliche Süßwassereinträge durch die Flüsse usw. Trotz der geringen Wassertiefe in dem Gebiet kam es im Sommer häufig zu Schichtungen mit daraus resultierendem Sauerstoffmangel (Rachor 1985).

Die mittlere Wassertiefe beträgt 20 bis 30 m. Sedimente in der unmittelbaren Nachbarschaft des Verklappungsgebietes sind durch eine sehr dünne Oxidationsschicht und die häufige Entwicklung von H<sub>2</sub>S auch an der Oberfläche dieser Sedimente gekennzeichnet (Mühlenhardt-Siegel 1981).

Während die generellen Sedimenteigenschaften des Verklappungsgebietes sich nicht grundsätzlich von denen eines nahegelegenen Sedimentationsgebietes unterscheiden, wies die Anwesenheit von Tomatenkernen, Streichhölzern und kleineren Plastikmaterialien darauf hin, dass die Sedimente hier menschlichen Ursprungs sind.

## 3. Die Abfälle

Der Klärschlamm der Freien und Hansestadt Hamburg stammt aus gemischtem industriellen und urbanen Eintrag. Das Material wurde während der Fahrt in das Schraubenwasser der Verklappungsschiffe eingeleitet. Der Verbringungsverfahren fand auf einem nordwestlich führenden Transekt auf einer Länge von 15 km statt.

Nauke (1974) untersuchte die Schwermetallkonzentration in Sedimenten des Verklappungsgebietes und kam zu der Schlussfolgerung, dass diese typisch für die Gegend sind, so dass eine Anreicherung aufgrund des Verklappungsprozesses nicht zu registrieren waren. Er hatte allerdings ein relativ kleines Gebiet abgedeckt, das nur wenige Kilometer vom eigentlichen Verklappungsgebiet entfernt war.

Nach Caspers (1979) verblieben die Verklappungsrückstände in konzentrierter Form nur für etwa eine Stunde im Verklappungsgebiet, und während der Sedimentation wurde das feinere Material verdriftet, so dass nur die gröberen Bestandteile des Klärschlammes sich im Verklappungsgebiet ablagerten.

#### **4. Einfluss auf Makrobenthos**

Die Untersuchungen über den Einfluss der Klärschlammverklappung auf größere Benthostiere wurde im Jahre 1970 begonnen (Caspers 1979). In diesem Jahre und auch einige Jahre später entdeckte Caspers eine Massenentwicklung einer kleinen weißen Muschel, *Abra alba*. Zu bestimmten Zeiten waren 1750 Individuen auf einem Zehntel Quadratmeter gezählt. Die höchste Populationsdichte dieser Muschel wurde immer in Gebieten mit besonders hoher Dichte von Tomatensamen gefunden, also im Zentrum des Verklappungsgebietes. Zonen, die weniger häufig von Klärschlamm betroffen waren, waren charakterisiert durch die Gegenwart einer anderen Muschel, *Nucula turgida*. In Gebieten, in denen die Sedimente nur teilweise durch Klärschlamm charakterisiert waren, fanden sich Übergänge zwischen *Abra alba* und *Nucula turgida*.

Im April 1974 fand sich eine Makrobenthosart im zentralen Verklappungsgebiet, während in der Nachbarschaft vier Makrobenthosarten auftraten. Caspers interpretierte dieses Ergebnis als Ausdruck der Vielfalt der Makrobenthosarten im Verklappungsgebiet.

1977 und 1978 wiesen Makrobenthosfänge ein sehr negatives Bild auf. Zu dieser Zeit fehlte *Abra alba* fast völlig. Das Benthos war auf wenige verbleibende Elemente reduziert. Umgebende Gebiete hingegen waren charakterisiert durch normale Arten- und Individuenvielfalt. Caspers Interpretation der Ergebnisse seiner Langzeituntersuchungen im Verklappungsgebiet war, dass bestimmte Arten durch die Verklappung bevorzugt waren, aber dass diese Entwicklung nicht als ökologisch negativ einzustufen sei. Das stimmte nicht mit der Ansicht überein, dass Benthosgemeinschaften im Verklappungsgebiet als weniger wertvoll eingestuft werden sollten.

Rachor (1977, 1980) begann mit seinen Untersuchungen über die Häufigkeit von Makrobenthosorganismen in einem Gebiet 8 bis 9 km westlich des Verklappungsgebietes im Jahre 1969. Er fand eine kontinuierliche Reduktion der Faunenelemente an dieser Station. Eines seiner erschreckenden Ergebnisse war das Populationen reich an Individuen häufiger im Sommer zusammenbrachen. Diese sommerlichen Reduktion resultierte in einer Verarmung der Fauna.

1977 nannte Rachor seine Ergebnisse vorläufig, aber er zog die Schlussfolgerung, dass das Verklappungsgebiet ungeeignet ist für die dauerhafte Einbringung von Abfällen. 1980 interpretierte er seine Ergebnisse so, dass die Reduktion des Makrobenthos an diesen Stationen die ökologische Sensitivität der inneren Deutschen Bucht kennzeichnen. Er unterstrich, dass 1976 ein guter Teil des Gebietes völlig ohne Makrofauna war. Obgleich Makrofauna Organismen in natürlichen Sedimentationsgebieten an hohe Einträge organischer Substanzen mit niedrigem Sauerstoffgehalt angepasst sind, sollten die Kompensationsfähigkeiten der Fauna in diesem Gebiet nicht überschätzt werden.

Rückblickend auf 10 Jahre Untersuchung schlussfolgerte Rachor, dass das Gebiet in der inneren Deutschen Bucht nicht weiter für die Beseitigung hoher Mengen von Abfällen genutzt werden sollte.

Mühlenhardt-Siegel (1981) nahm im Juli, August und November 1978 an fünf Stationen, gelegen auf einem Transekt quer durch das Verklappungsgebiet, Proben. Sie demonstrierte, dass abgesehen von einer geringen Artendiversität die niedrigste Biomasse in der Mitte des Verklappungsgebietes im Vergleich zu benachbarten Gebieten festgestellt wurde.

#### **5. Niedriger Sauerstoffgehalt**

Rachor mutmaßte in seinem Papier von 1980, dass niedrige Sauerstoffkonzentrationen in bodennahem Wasser zu den Gründen für eine Reduktion der Makrofauna im Verklappungsgebiet gerechnet werden müssen. Beginnend 1981 wurden in den Sommern wiederkehrende, niedrige Sauerstoffkonzentrationen in der Deutschen Bucht gemessen (Dethlefsen und von Westernhagen 1983). Für das Verklappungsgebiet waren

Sättigungswerte um 50 % in den Sommermonaten gemessen worden (Rachor und Albrecht 1983).

## **6. Schwermetalle**

Obgleich keine erhöhten Konzentrationen von Schwermetallen in Sedimenten im Verklappungsgebiet gefunden wurden (Nauke 1974), beschrieb Karbe (1980) ansteigende Konzentrationen von Quecksilber in *Echiurus spec.* des Verklappungsgebietes. Da es nur einzelne Analysen gab, wurden diese Untersuchungen nicht fortgeführt, blieben dies die einzigen Hinweise auf erhöhte Schwermetallkonzentrationen im Gebiet.

Die Ergebnisse von Nauke (1974), dass keine erhöhten Schwermetallkonzentrationen in den Sedimenten des Verklappungsgebietes gefunden wurden, stimmen mit den Ergebnisse weiterer sedimentologischer Untersuchungen überein. Auch hier konnte gezeigt werden, dass die Kontamination der Sedimente der inneren Deutschen Bucht nicht unterschieden war von denen der äußeren Deutschen Bucht (Schwedhelm und Irion 1984, Deutsches Hydrographisches Institut 1984). Generell wurden allerdings die Schwermetallkonzentrationen als hoch eingestuft.

Mart et al. (1984a) beschrieben die Schwermetallkonzentrationen im Seewasser, und zwar in gelöster und partikulärer Form sowohl an küstennahen als auch an küstenfernen Stationen in der Deutschen Bucht. Für Blei, Kupfer, Nickel und Kobalt konnten sie sehr hohe Konzentrationen nachweisen insbesondere in der partikulären Phase in küstennahen Gewässern in der Nähe des Verklappungsgebietes. Niedriger waren die Konzentrationen in der partikulären Phase als auch in der gelösten in weiter von der Küste entfernt gelegenen Gebieten. Für Cadmium konnte gezeigt werden, dass auch in weiter von der Küste entfernten Gebieten erhöhte Cadmiumkonzentrationen im Seewasser in beiden Phasen existierten, wodurch ein Transport des Cadmiums aus dem Ästuar in die offene Nordsee und von hier weiter in norwegische Gewässer bis Spitzbergen ohne weitere bedeutende Verdünnung nachgewiesen wurde (Mart et al. 1984b).

## **7. Störungen der Fischerei**

1976 konnte man erste Beschwerden von Fischern hören, dass besonders im Sommer in bestimmten Regionen in der Umgebung des Verklappungsgebietes die Fischerei unmöglich wurde. Häufig wurden Netze verloren, weil diese sich durch die feinen Sedimente dichtgesetzt hatten, oder sie konnten nur mit größten Schwierigkeiten an Bord gehievt werden. Systematische Untersuchungen aufgrund dieser Beschwerden erbrachten den Beweis schwerer Beeinträchtigungen der Fischerei, insbesondere wenn mit kleinen Maschenweiten beispielsweise auf Aal während der Sommermonate gefischt wurde. Die Lokationen waren identisch mit denen, die als Depositionsgebiete für das grobere Material der Klärschlämme galten. Schlämme, die mit dem Netz an Bord kamen, wurden durch das Deutsche Hydrographische Institut analysiert, aber es war nicht möglich nachzuweisen, dass diese Schlämme mit den Klärschlämmen identisch waren. Zu ähnlich war die Zusammensetzung des Materials mit dem der Umgebung. Daher blieb zunächst die Frage offen, ob Schwierigkeiten der Fischerei auf natürliche Ursachen im Verklappungsgebiet zurückzuführen waren.

## **8. Fischkrankheiten**

1977 begannen Untersuchungen über die Häufigkeiten und Verbreitung von Fischkrankheiten in der Deutschen Bucht. Während dieser Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass in Gebieten zwischen Helgoland und Cuxhaven bestimmte Krankheiten recht häufig waren, insbesondere solche, die durch Bakterien verursacht wurden. Infizierte Arten waren Kabel (*Gadus morhua*), Flunder (*Platichthys flesus*), Kliesche (*Limanda limanda*) und Scholle (*Pleuronectes platessa*) (Dethlefsen 1980, 1984). Diejenigen Krankheiten, die am häufigsten

beim Kabeljau auftraten waren: Skelettdeformationen, Pseudobranchialtumoren und Ulcerationen. Die häufigsten Krankheiten der Kliesche waren: Lymphocystis, epidermale Papillome, Hyperplasien und Ulcerationen.

### **9. Forderung nach Beendigung**

Die Kombination dieser Ergebnisse veranlassten die Bundesforschungsanstalt für Fischerei zu dem Schluss, dass eine Beeinträchtigung durch die eingebrachten Klärschlämme nicht ausgeschlossen werden kann. Die im Deutschen Hydrographischen Institut für Verklappung zuständigen Gremien konnte diese Bedenken nicht ausräumen, zudem auch andere Institutionen beigetragen hatten. Die Stadt Hamburg wurde daher aufgefordert, das Verklappungsgebiet in ein Seegebiet 30 nm westlich von Helgoland zu verlagern. Das sollte im Juni 1980 vollzogen werden und im Januar 1981 sollte die Verklappung endgültig beendet werden.

Die Freie und Hansestadt Hamburg protestierte gegen diesen Beschluss und führt an, dass es unmöglich sein würde, in so kurzer Zeit Beseitigungsmöglichkeiten an Land zu schaffen. Auch teilten die Verantwortlichen der Freien und Hansestadt Hamburg die Bedenken der wissenschaftlichen Institute nicht, aber sie widersetzten sich der Aufforderung, die Verklappung in der Nordsee zu beenden nicht im wesentlichen aufgrund des Druckes aus der Öffentlichkeit.

Ab Mitte April 1981 wurden Klärschlämme der Freien und Hansestadt Hamburg in einem Seegebiet 922 nm von Helgoland entfernt auf einer Position von 47°30'N und 11°30'W in einer Tiefe von 2400 m verklappt. Hamburg hatte die Absicht, diese Verklappung bis zum 15. April 1983 fortzusetzen und bis dahin die Möglichkeiten für eine Beseitigung an Land zu schaffen.

### **10. Untersuchungen nach Beendigung der Verklappung in der Deutschen Bucht**

In weiten Bereichen des Verklappungsgebietes traten Veränderungen der Sedimentfarbe von dunkelgrau bis braun auf. Es gab keine weiteren Beschwerden von Fischern, wenngleich bei Untersuchungen mit Fischereiforschungsschiffen die alten Probleme noch zu existieren schienen. Aber Verluste von Fanggeschirr schienen weniger häufig vorzukommen als in der Vergangenheit. Nach Aussagen der damals beteiligten Wissenschaftler waren einige Meter von Schlämmen zu dem Zeitpunkt im Verklappungsgebiet abgelagert, und es sei nicht wahrscheinlich, dass dieses Material schnell aus dem Gebiet wegtransportiert würde. Rachor setzte seine Untersuchungen an Makrobenthosgemeinschaften fort, und er fand 1983 37 Arten, eine sehr hohe Diversität, das beste Resultat während seiner gesamten Langzeituntersuchungen. Diese Artenvielfalt blieb hoch bis zum Sommer 1984, da gab es noch immer 23 Arten, und man hoffte, dass dieses ein Anzeichen für die Erholung des Gebietes sein sollte. Allerdings brach die Benthospopulation im Herbst 1984 dann wieder vollkommen zusammen.

Im Januar 1985 waren sieben Arten anwesend. Da schon 1976 und 1980 hohe Artenvielfalt festgestellt wurde, interpretierte Rachor seine Ergebnisse für 1983 nicht zu optimistisch, aber er stellte fest, dass z.B. *Echinocardium*, eine Art, die vorher nie in diesem Gebiet gesehen wurde, 1983 angetroffen wurde.

### **11. Das weitere Schicksal der Abfälle**

1985 rangen die Verantwortlichen der Freien und Hansestadt Hamburg um eine optimale Beseitigungsmethode. Der ursprüngliche Plan, die Klärschlämme mit Kalk zu mischen und als Dünger zu verwenden, konnte nicht umgesetzt werden. Daher wurden die Abfälle an Land zwischengelagert. Wegen der hohen Schwermetallkonzentrationen und der generellen Kontamination der Klärschlämme wurde der Verklappungsort allerdings als nicht sicher

betrachtet, und die Schlämme wurden dann auf eine Landdeponie in der ehemaligen DDR transportiert.

## **12. Schlussfolgerungen**

Während des Prozesses der Beendigung der Verklappung von Klärschlämmen der Freien und Hansestadt Hamburg in der inneren Deutschen Bucht wurde sehr häufig Zweifel an der Richtigkeit und insbesondere an der Interpretation der Monitoring-Daten geäußert. Dabei wurden einige generelle Punkte deutlich.

Die Verklappung erfolgte in einem anderweitig stark verschmutzten Gebiet. Das gilt sicherlich auch für andere Verklappungsgebiete vor der englischen, holländischen und belgischen Küste. Man kann auch für diese Gebiete davon ausgehen, dass sie zusätzliche hohe Frachten von Schadstoffen empfangen, so dass der Eintrag durch die Verklappung relativ gering im Vergleich zu den Gesamtmengen eingestuft werden kann. Das Konzept der damals angewandten Überwachung war, Schwankungen außerhalb der natürlichen Bandbreite zu identifizieren. Nach dem oben Gesagten ist klar, dass in einem ohnehin stark verschmutzten Gebiet zusätzliche Fluktuationen durch die Verklappung eher klein sein würden, womit angedeutet ist, dass die damals angewendeten Monitoring-Konzepte falsch waren.

Das galt auch für die Schlussfolgerungen, die aus diesen Ergebnissen gezogen wurden, denn die Effekte können immer nur als zeitlich vorübergehend und lokal eingestuft werden. Man glaubte, die Probleme in den Griff zu bekommen, indem man die Klärschlämme nicht in Sedimentationsgebiete verbrachte, sondern in sogenannte Dispersionsgebiete, die bewirken würden, dass die Abfälle schnell beseitigt werden. Aber auch hier hätte man ja nur ein größeres Gebiet stark belastet.

Es entstand auch die Frage, was denn ein akzeptabler Endpunkt in der Veränderung biologischer Systeme sei. Hier schien es, dass nicht einmal die Anwesenheit von 50 % erkrankter Plattfische im Verklappungsgebiet als ausreichender Grund für eine Beendigung der Verklappung angesehen werden könnte. Auch das in Zusammenhang mit den niedrigen Sauerstoffkonzentrationen aufgetretene Fischsterben wurde nicht als schwerwiegend genug betrachtet. Dem wurde entgegengehalten, dass bei Anwendung des Vorsorgeprinzips die nachgewiesenen biologischen Veränderungen im Verklappungsgebiet und in der Deutschen Bucht als schwerwiegend genug eingestuft werden müssten, um die künftige Verwendung dieser Gebiete für die Beseitigung von Abfällen zu untersagen.

## **Literatur**

- Caspers, H., 1979. Die Entwicklung der Bodenfauna im Klärschlamm-Verklappungsgebiet vor der Elbe-Mündung. – Arb. des Deutschen Fisch.-Verband. 27: 109-134
- Dethlefsen, V., 1980. Observations on fish diseases in the German Bight and their possible relation to pollution. – Rapp. P.-v.Réun. Cons. int. Explor. Mer 179: 110-117
- Dethlefsen, V., 1984. Diseases in North Sea fishes. – Helgoländer Meeresunters. 37: 353-374
- Dethlefsen, V., Westernhagen, H. von, 1983. Oxygen deficiency and effects on bottom fauna in the eastern German Bight 1982. – Meeresforsch. 30: 42-53
- Deutsches Hydrographisches Institut, 1984. Überwachung des Meeres. – Bericht für das Jahr 1983, 1-30
- Eagle, R.A., Hardiman, P.A., Norton, M.G., Nunny, R.S., 1978. The field assessment of effects of dumping wastes at sea: A survey of the sewage sludge disposal area in Lyme Bay. – Fish. Res. Techn. Rep. 49: 1-22
- Figge, K., 1981. Sedimentverteilung in der Deutschen Bucht. Karte Nr. 2900 mit Beiheft. – Deutsches Hydrographisches Institut
- Karbe, L., 1980. Schwermetalle und Spurenelemente. – In: Umweltprobleme der Nordsee. Sondergutachten 1980. – Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, 156-173

- Lindsey, A.M., Norton, M.G., Nunny, R.S., Rolfe, M.S., 1980. The field assessment effects of dumping wastes at sea: The disposal of sewage sludge and industrial waste of the River Humber. – Fish. Res. Tech. Rep. 55: 1-35
- Mart, L., Nürnberg, H.W., Nützel, H., 1984a. Heavy metal levels in the German Bight. – Submitted to Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1-24
- Mart, L., Nürnberg, H.W., Nützel, H., 1984. Comparative studies on cadmium levels in the North Sea, Norwegian Sea, Barents Sea, and the Eastern Arctic Ocean. – Fresenius Z. Anal. Chem. 317: 201-209
- Mühlenhardt-Siegel, U., 1981. Die Biomasse mariner Makrobenthos-Gesellschaften im Einflußbereich der Klärschlammverklappung vor der Elbemündung. – Helgoländer Meeresunters. 34: 427-437
- Nauke, M., 1974. Die Schwermetallgehalte der Sedimente im Klärschlamm-Verklappungsgebiet vor der Elbemündung. – Deutsche Hydrogr. Zeitschr. 27: 203-213
- Norton, M.G., 1980. Monitoring of areas receiving dumped wastes around England and Wales. – ICES C.M./E:28
- Norton, M.G., Eagle, R.A., Nunny, R.S., Rolfe, M.S., Hardiman, P.A., Hampson, B.L., 1981. The field assessment of effects of dumping wastes at sea: Sewage dumping in the outer Thames Estuary. – Fish Res. Techn. Rep. 62: 1-62
- Rachor, E., 1977. Faunenverarmung in einem Schlickgebiet in der Nähe Helgolands. – Helgoländer wiss. Meeresunters. 30: 633-657
- Rachor, E., 1980. The inner German Bight – an ecological sensitive area as indicated by the bottom fauna. – Helgoländer Meeresunters. 33: 522-530
- Rachor, E., 1982. Indikatorarten für Umweltbelastungen im Meer. – Decheniana – Beihefte (Bonn) 26: 128-137
- Rachor, E., 1985. Eutrophierung in der Nordsee – Bedrohung durch Sauerstoffmangel. – Abh. Naturw. Verein Bremen 40: 283-292
- Rachor, E., Albrecht, H., 1983. Sauerstoff-Mangel im Bodenwasser der Deutschen Bucht. – Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven 19: 209-227
- Schwedhelm, E., Irion, G., 1983. Heavy metal distribution in tidal flat sediments of the German Part of the North Sea. --In: Proc. Intern. Congress Heavy Metals in the Environment, 1037-1040