

Untersuchungen im Ästuar der Weser im Zusammenhang mit industriellen Abwassereinleitungen

Von Günter Luck

Summary

The formerly nearly exclusively agriculturally structured German coastal areas undergo in recent years an increasing strain by large industries – especially by chemical plants. By this the hitherto comparatively pure coastal and estuary waters are increasingly charged with sewage of varying quality. This development was introduced by the settlement of a Titandioxyd factory at the Weser estuary opposite of Bremerhaven.

In connection with this industrial settlement chemical and biological documentary analysis were performed and first comparative studies after start of production were made. The results of these studies are described and the applied procedure critically valued.

Noch bis vor wenigen Jahren war das deutsche Küstengebiet beinahe ausschließlich landwirtschaftlich genutzt. Entsprechend waren die Küstengewässer und die ihnen zufließenden Wasserläufe überwiegend mit landwirtschaftlichen und häuslichen Abwässern belastet, zu deren Abbau die Selbstreinigungskraft des in Anspruch genommenen Wassers im allgemeinen ausreichte. Industrielle und gewerbliche Abwässer waren demgegenüber insgesamt bedeutungslos und gaben allenfalls nur örtlich Anlaß zu Sorgen. Die mit zunehmender Kanalisation wachsende Abwasserlast konnte in jüngerer Zeit durch Kläranlagen weitgehend unschädlich gemacht werden.

Stärker belastet waren die Ästuarie von Elbe, Weser, Jade und Ems, welche die noch nicht abgebauten Schmutzstoffe der großen Ströme und der Häfen sowie der Hafenstädte aufzunehmen hatten. Obwohl auch hier und insbesondere in der Elbe die Beanspruchung der Gewässer stellenweise nicht unbedenkliche Zustände hervorrief, blieb die Störung des biologischen Gleichgewichtes doch insgesamt in erträglichen Grenzen.

Der Drang abwasserreicher Industrien und insbesondere der Chemiegiganten zum tiefen Wasser, der in Deutschland etwa um 1965 einsetzte, führte inzwischen zur Ansiedlung einiger größerer Werke in Küstennähe. Weitere Vorhaben werden diskutiert oder schon geplant. Damit wird möglicherweise eine Entwicklung hervorgerufen, die in vielen Ästuarien Europas und anderer Kontinente schon zu großen Sorgen Anlaß gibt (1).

Eingeleitet wurde der Industrialisierungsprozeß des niedersächsischen Küstengebietes durch die Ansiedlung eines Titandioxyd-Werkes im Ästuar der Weser auf dem Blexer Groden gegenüber Bremerhaven, das 1969 die Produktion aufnahm (Abb. 1). Im Erlaubnisverfahren für die Einleitung der vorwiegend sauren Abwässer sah das Titanwerk vor, die im Produktionsprozeß rückgewinnbaren Dünnsäuren in der Nordsee nordwestlich Helgoland zu verklappen und die nicht rückgewinnbaren Restsäuren bei Strom-km 65,8 in die Weser einzuleiten. – Das Helgoländer Verklappungsgebiet soll hier nicht behandelt werden. – Die Restsäuren sollten nach Angaben des Werkes folgende Inhaltsstoffe enthalten:

FeSO ₄	0,71 g/l	270 kg/st
H ₂ SO ₄	0,68 g/l	1080 kg/st
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,14 g/l	220 kg/st
TiOSO ₄	0,10 g/l	160 kg/st
MgSO ₄	0,013 g/l	16 kg/st
TiO ₂	0,004 g/l	7 kg/st

Gesamtabwassermenge: 38 200 m³/d

Die geplante Einleitung derart großer Mengen chemischer Abwässer in ein im großen und ganzen noch wenig verunreinigtes Ästuar und die im Rahmen des Umweltgeschehens weltweit erhobenen Forderungen zur Reinerhaltung unserer Lebensräume sowie die örtlich nur sehr dürftigen Erfahrungen über das Verhalten flüssiger Abfallstoffe im Brackwasser gestalteten die Behandlung der damit aufgeworfenen Probleme besonders schwierig.

Dem im Zuge der hierdurch ausgelösten Diskussion mehrfach geäußerten Gedanken, eine Industrialisierung unserer Küsten zur Schonung der Gewässer gänzlich zu unterbinden, steht eine Reihe wirtschaftspolitischer Aspekte entgegen. Die Zielsetzungen Niedersachsens und seiner Nachbarländer bei der industriellen Erschließung küstennaher Lebens- und Wirtschaftsräume sind durch die allgemeine wirtschaftliche Entwicklung einer modernen Industriegesellschaft geprägt. Niedersachsen braucht im Küstengebiet leistungsstarke Industrien, um krisenfeste Arbeitsplätze zu schaffen, zum Abbau des von Norden nach Süden verlaufenden Wohlstandsgefälles und nicht zuletzt die mit einer wirtschaftlichen Belebung wachsende Steuerkraft. Diesen wirtschaftlichen Zielen müssen indessen angemessene Forderungen zum Schutze der Umwelt und insbesondere der Küstengewässer entgegengestellt werden. Fehlentscheidungen im Rahmen dieses Prozesses können auf Jahrzehnte oder gar für immer irreparabel sein.

In der deutschen Gesetzgebung und in dem im vorliegenden Falle der Weser anzuwendenden Niedersächsischen Wassergesetz sind die für die Einbringung und Beförderung von Abfallstoffen einzuhaltenden oder zu schaffenden Bedingungen behandelt. Hiernach ist vorzuschreiben, welchen Mindestanforderungen die Beschaffenheit des Wassers genügen soll, daß bestimmte Stoffe nicht eingeleitet werden dürfen, welche Einwirkungen abzuwehren sind, durch die die Beschaffenheit des Wassers nachteilig beeinflußt werden kann u. a. (Kapitel V §§ 78, 79 NWG). Darüber hinaus sind hier die rechtlichen Verfahren festgelegt, nach welchen bei Gewässerbeanspruchungen vorzugehen ist. Für die Benutzung eines Gewässers kann danach eine „Erlaubnis“ oder „Bewilligung“ erteilt werden (§§ 10, 11 NWG). Die Erlaubnis gewährt die widerrufliche Befugnis, ein Gewässer in bestimmter Weise zu nutzen. Sie kann befristet werden. Demgegenüber hat die Bewilligung eine stärkere Rechtskraft und wird für eine angemessene Frist erteilt, die in besonderen Fällen dreißig Jahre überschreiten darf. Mit der Erlaubnis wird die Möglichkeit offengehalten, dem Benutzer eines Gewässers in schwer zu übersehenden Fällen und bei nicht vorhersehbaren Schäden nachträglich und kurzfristig zusätzliche Bedingungen für die Gewässernutzung aufzuerlegen. Bei industriellen Abwassereinleitungen wird aus diesem Grunde im allgemeinen nur eine Erlaubnis erteilt.

Im Rahmen des im vorliegenden Falle abzuwickelnden Wasserrechtsverfahrens wurde zunächst eine Reihe von Gutachten angefordert, in welchen die Auswirkungen der geplanten Abwassereinleitung abzuschätzen waren und festgestellt werden sollte, unter welchen Bedingungen eine Erlaubnis für dieses Vorhaben überhaupt erteilt werden kann. Drei Fragenkomplexe erschienen besonders wichtig:

1. In welcher Zeit und auf welchem Wege werden die Schadstoffe mit dem Wasser des Weserästuars im Strömungs- und Tidegeschehen durchmischt?



Abb. 1. Weser im Bereich der Abwassereinleitung des Titanwerkes

Die Untersuchungen ergaben, daß bei mittleren Tiden und Oberwasserverhältnissen alsbald ein Verdünnungsverhältnis von 1 : 1500 im Weserwasser erreicht wird. Die im Tiderhythmus vor der Einleitungsstelle sägeförmig hin- und herpendelnden Abwasserpartikel versetzen erwartungsgemäß resultierend seewärts. Eine Einleitung des Abwassers nur zu bestimmten Tidephasen erbringt keine Vorteile (2).

2. Wird der Chemismus des Weserwassers durch die Zuführung des sauren Abwassers in irgendeiner Weise beeinträchtigt bzw. besteht die Gefahr, daß der pH-Wert vom basischen in den sauren Bereich umschlägt und ist mit stärkerer Sedimentation infolge Ausflockung des Eisenhydroxyds zu rechnen?

Die an den hydrographischen Ergebnissen orientierte chemische Beurteilung führte zu der Auffassung, daß infolge des zu erwartenden Durchmischungsverhältnisses eine chemische Veränderung des Weserwassers nicht zu befürchten sei. Das Säurebindungs-

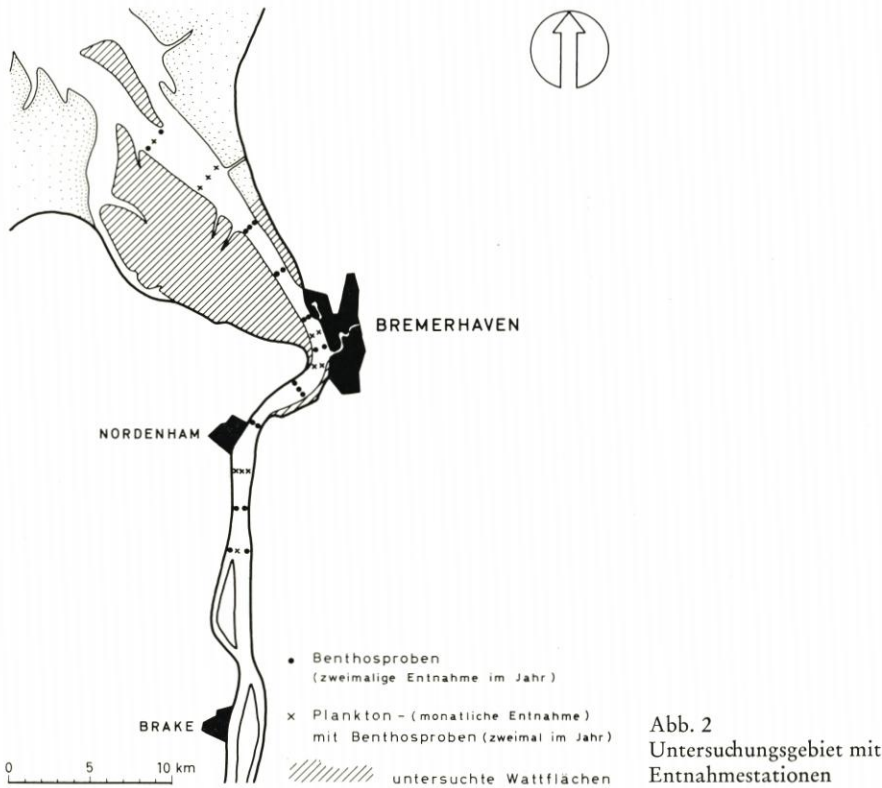


Abb. 2
Untersuchungsgebiet mit
Entnahmestationen

vermögen bzw. der Karbonatgehalt des Wassers reiche zur Neutralisation der anfallenden Schwefelsäure und des an Eisen und Titan gebundenen Sulfates aus und werde auch bei ungünstigsten Verhältnissen nur zu 3,25 % in Anspruch genommen. Die zu erwartende Eisenhydroxyd-Flockung sei im Verhältnis zum normalen Schwebstoffgeschehen der Weser völlig unbedeutend (3).

3. Müssen bei stetiger Einleitung der Abwässer auf die Dauer irgendwelche Einflüsse auf die Lebensgemeinschaften der Weser im Einleitungsbereich erwartet werden?

Die hierzu angestellten physiologischen Untersuchungen im Tank mit Säurezugaben, die der Qualität des Abwassers des Titanwerkes entsprachen, führten zunächst zu

dem Ergebnis, daß die Letalitätsgrenze der Versuchstiere bei einem Verdünnungsverhältnis von 1 : 3,3 bis 1 : 4 liegen und daß Konzentrationen bis 1 : 13 ertragen werden können. Bei dem tatsächlichen Verdünnungsverhältnis brauche somit keine Störung des biologischen Gleichgewichtes befürchtet zu werden (4).

Da die Übertragbarkeit physiologischer Untersuchungen im Tank mit simulierten Randbedingungen auf Naturverhältnisse sehr stark umstritten ist und bei den Versuchen nur adulte Tiere eingesetzt waren, wurden diese Ergebnisse mit großer Skepsis aufgenommen. Tatsächlich konnte in später ausgeführten ähnlichen Versuchen nachgewiesen werden, daß die Verträglichkeitsgrenze für Heringseier und -larven bei einem bedeutend größeren Durchmischungsverhältnis liegt (5).

Auf der Grundlage dieser Untersuchungen wurde dann 1966 schließlich die Erlaubnis zur Einleitung des Abwassers in der beantragten Qualität und Quantität gegeben. Eine Reihe innerbetrieblicher wie außerbetrieblicher Bedingungen wurde gestellt, um sicherzustellen, daß die Abwassereinleitung der Kontrolle nicht entgleitet und eventuelle Schäden vermieden bzw. rechtzeitig erkannt werden können. Hierzu gehören: Einleitung des Abwassers unter Überdruck senkrecht zum Stromstrich zur Gewährleistung einer sofortigen starken Durchmischung, Festlegung des pH-Wertes des Abwassers an der Einleitungsstelle mit min. 1,8, Einschränkung des Gehaltes an absetzbaren Stoffen auf 0,5 mg/l, Verbot zusätzlicher Einleitung von Öl und anderen Schwimmstoffen, mechanische Klärung zusätzlicher organischer Abwässer usw. In der Weser darf in 500 m Entfernung von der Einleitungsstelle sowohl in der Horizontalen als auch in der Vertikalen der pH-Wert des mit Abwasser angereicherten Weserwassers nicht unter 6,5 herabgesetzt werden. Der Gehalt an im Wasser gelöstem Eisen soll um nicht mehr als 0,5 mg/l zunehmen und der Gehalt an kolloiden Eisenverbindungen um nicht mehr als 0,5 ‰ – bezogen auf die Feststoffsubstanz – anwachsen.

Die Bedingung, daß der pH-Wert in einem Umkreis von 500 m von der Einleitungsstelle nicht unter 6,5 abfallen dürfe, war heftig umstritten. Zum einen konnte nach den chemischen Beurteilungen erwartet werden, daß das Säurebindungsvermögen des Weserwassers so groß ist, daß eine derartige Entwicklung, bei welcher pH-Wert-Reduzierungen in dieser Größenordnung auftreten könnten, gar nicht denkbar ist. Zum anderen war einzuwenden, daß selbst dann, wenn das Säurebindungsvermögen nicht ausreichte, ein räumlicher pH-Wertabfall in dieser Größenordnung nicht geduldet werden könne, da hiermit ein Säureriegel über die Weser geschaffen würde, dessen Einfluß auf die biologischen Bedingungen unabsehbar sei und möglicherweise nicht vorausschaubare Fernwirkungen nach sich ziehen könnte. Da aber durch die Einleitung gerade der pH-Wert am stärksten gefährdet schien und, um nichts zu versäumen, wurde diese Bedingung dann doch aufrecht erhalten.

Zur Überprüfung dieser Bedingungen waren die entsprechenden Bauwerke und Meßeinrichtungen durch das Titanwerk im Betrieb zu schaffen. Darüber hinaus wurden zur Abschätzung eventuell später eintretender Schäden im Weserästuar biologisch/ökologische Erstuntersuchungen zur Sicherung des gegenwärtigen Zustandes und zur Ermöglichung von Vergleichsuntersuchungen nach Inbetriebnahme des Werkes vorgesehen. Hierdurch sollte gewährleistet sein, daß Qualitätsbeeinträchtigungen des Weserwassers durch zusätzliche Bedingungen rechtzeitig aufgefangen werden können.

Mit den ökologisch/biologischen Zielsetzungen dieser Untersuchungen wurde in gewisser Weise Neuland betreten. In Deutschland waren ähnliche Untersuchungen in derartigem Umfang im Brackwasserbereich und unter Tidebedingungen bisher nicht ausgeführt worden, so daß eigene Erfahrungen nicht vorlagen. Die ausländische und insbeson-

dere die sehr reichhaltige amerikanische Fachliteratur beschreibt im wesentlichen – soweit sie so schnell ausgewertet werden konnte – die auf menschliche Aktivitäten rückführbaren Schäden in ihren Ästuarien, wobei zwar die verschiedenen Einflüsse unterschiedlicher Abwasserqualitäten herausgearbeitet sind, der zeitliche Verlauf – etwa vom oligo- zum polysaprobien Zustand, der hier besonders interessiert – mangels ausreichender früherer Grundlagenuntersuchungen jedoch häufig nicht dargestellt werden kann. Darüber hinaus konnten anderenorts gewonnene Ergebnisse wegen unterschiedlicher hydrographischer Randbedingungen kaum ohne Modifikation auf unsere Verhältnisse übertragen werden. Zu alledem war – abgesehen von interessanten Einzelergebnissen – eine biologische Gesamtaufnahme des Weserästuars nicht vorhanden.

Erschwerend kam hinzu, daß für die Erstuntersuchungen nur ein Jahr zur Verfügung stand. Zusätzliche Schwierigkeiten erwuchsen daraus, daß der pH-Wert des Weserwassers – hervorgerufen durch Kaliabwässer im Oberlauf – ohnehin kurzfristig zwischen 7,1 bis 7,9 stark schwankt. Die mit dem Tidegeschehen wechselnden ökologischen Randbedingungen – wechselnder Salzgehalt, Verschiebung der Brackwassergrenzen in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluß usw. – wirkten ebenfalls nicht vereinfachend. Darüber hinaus wurde noch während der Untersuchungen die Produktion eines anderen Werkes erweitert, das gipshaltige Abwässer einzuleiten wünschte.

Die Untersuchungen wurden auf einen Bereich von 15 km oberhalb bis 20 km unterhalb der Einleitungsstelle und auf die in diesem Bereich liegenden Watten ausgedehnt (Abb. 2). Dieses Gebiet umfaßt etwa den mittleren Brackwasserbereich des Weserästuars. Das Probenmaterial wurde während zehn Bereisungen zwischen Dezember 1967 und November 1968 in dreizehn Profilen gewonnen. Hierdurch wurde gewährleistet, daß jahreszeitlich bedingte Schwankungen der Vegetation voll in die Untersuchungen eingingen. Gleichzeitig mit den biologischen Proben wurden zur Sicherung der ökologischen Parameter chemische Wasseranalysen ausgeführt.

Im einzelnen wurden während jeder Bereisung das Schöpfplankton, das Netzplankton und das Makrobenthos erfaßt. Die entsprechenden Proben wurden an der Oberfläche und in Bodennähe entnommen. Das Schwergewicht der Auswertung wurde auf die quantitative, räumliche und zeitliche Verteilung gelegt. Eine taxonomisch vollständige Bearbeitung war nicht geplant und wegen der nur geringen Zeit, die für die Untersuchungen zur Verfügung stand, auch nicht möglich. Die Auswertung des reichhaltigen Materials nahm ohnehin schon mehrere Jahre in Anspruch. Die Wattengebiete wurden nur einmal makrobiologisch kartiert, da Mehrfachkartierungen aus zeitlichen Gründen nicht ermöglicht werden konnten (6, 7, 8).

Nachdem die Erstuntersuchungen abgeschlossen waren und zur Biologie des Untersuchungsgebietes konkrete Vorstellungen entwickelt werden konnten, wurden 1971 – also zwei Jahre nach Produktionsaufnahme des Titanwerkes – erste Vergleichsuntersuchungen vorgenommen.

Die Untersuchungen, die im einzelnen zu behandeln hier zu weit führen würde, erbrachten ein überraschendes Gesamtergebnis, das auch Anlaß gibt, das gesamte biologisch/ökologische Verfahren im Hinblick auf künftige, ähnliche Aufgaben noch einmal kritisch zu überdenken.

Die Erstuntersuchungen führten zumindest hinsichtlich der Diatomeenflora zu der nicht erwarteten Erkenntnis, daß sich – trotz einer Zunahme der Eutrophierung und stärkerer Inanspruchnahme des Sauerstoffhaushaltes der Weser – die Verhältnisse seit der Jahrhundertwende qualitativ kaum geändert haben. Damals vorgenommene Diatomeenuntersuchungen stellten übrigens die Anfänge der Erforschung des Protistenplank-

tons der Weser dar. Das Makrobenthos war nur sehr schwach entwickelt und fehlte in großen Bereichen ganz. Möglicherweise muß das auf die rein mechanischen Einflüsse des Baggerebetriebes in der Weser zurückgeführt werden. Es ist aber auch denkbar, daß durch die verschiedenen Sohlenvertiefungen Böden angeschnitten wurden, die als Substrat des Brackwasserbenthos nicht geeignet sind. Insgesamt wurde der Eindruck gewonnen, daß die Weser im Untersuchungsbereich verhältnismäßig gesund war bzw. die Selbstreinigungskraft für den Abbau der Restverschmutzungen des Oberwassers und anderer Abwasserleitungen noch ausreichte. Im übrigen wurde die Erfahrung der für Brackwasser typischen Arten- und Individuenarmut bestätigt.

Die 1971 vorgenommenen stichprobenartigen Vergleichsuntersuchungen führten nun – zumindest qualitativ – zu völlig anderen Ergebnissen. Zunächst blieb die befürchtete Reduzierung des pH-Wertes im Einleitungsbereich beinahe völlig aus. Nur während der Niedrigwasserkenterung fiel der pH-Wert des Weserwassers in der Nähe der Einleitungsstelle stark unter 7 ab, und es entwickelten sich kurzfristig schwach saure Abwasserkörper, die über den Kontrollkreis hinausreichten. Bei stärkerer Strömung und während des Hochwassers war nur in unmittelbarer Nähe der Einleitungsstelle ein Abwassereinfluß festzustellen. Die innerbetrieblichen Bedingungen, die gleichzeitig kontrolliert wurden, waren eingehalten. Eine spürbare Vermehrung der Sedimentationsraten im Untersuchungsbereich konnte zunächst nicht festgestellt werden. Sie blieb im Verhältnis zu den natürlichen Bedingungen vernachlässigbar klein.

Die gleichzeitig ausgeführten biologischen Entnahmen im Untersuchungsgebiet ergaben qualitativ völlig andere Ergebnisse als während der Erstuntersuchungen. Es wurden Verhältnisse festgestellt, die nahezu an einen *Verödungszustand* heranreichten. Eine derartige Verschlechterung des Weserwassers in so kurzer Zeit mußte überraschen. Die Ursachen hierfür sind noch nicht geklärt. Sie können nicht oder zumindest nicht allein auf die Abwassereinleitung des Titanwerkes zurückgeführt werden. Zum einen erschien der kurzfristige und räumlich doch sehr begrenzte Abfall des pH-Wertes im Einleitungsbereich nicht durchgreifend genug, um ökologisch entscheidend wirksam sein zu können. Andere auf die Titan-Abwässer rückführbare ökologische Änderungen waren nicht feststellbar. Zum anderen fiel auf, daß in den biologischen Proben sowohl der marine als auch limnische Detritus fehlte, der bei den Erstuntersuchungen noch in größeren Mengen angetroffen wurde. Demnach müßte das Initialgeschehen für die biologische Verschlechterung des Weserästuars außerhalb des Untersuchungsgebietes liegen. Dem übrigens während der Kontrollmessungen mit weniger als 50 % der Sättigung nur geringen Sauerstoffgehalt konnte eine ursächliche Wirkung nicht beigemessen werden, da ähnliche Sauerstoffwerte auch schon während der Erstuntersuchungen angetroffen wurden. Die im Brackwasser lebenden Organismen entwickeln bekanntlich infolge der häufig wechselnden Lebensbedingungen eine starke Widerstandskraft gegenüber äußeren Einflüssen.

Zur Erklärung der Verödungserscheinungen können daher zunächst nur Hypothesen entwickelt werden. Eine Überbeanspruchung des Oberwassers der Weser in so kurzer Zeit scheidet als Ursache der Verödungserscheinungen des Ästuars aus, da die Entwicklung dort fest unter Kontrolle ist. Es ist indessen möglich, daß das Oberwasser der Weser indirekt einwirkte, da der Fluß zur Zeit der Vergleichsmessungen schon seit längerer Zeit nur sehr wenig Wasser führte. Hierdurch könnte auch erklärt werden, daß der limnische Detritus nicht mehr nachzuweisen war. Andererseits ist hiermit nicht zu deuten, warum auch mariner Detritus fehlte. Insofern sind auf den hydrographischen Randbedingungen basierende Mutmaßungen wenig befriedigend. Es ist aber auch denkbar, daß populationsdynamische Entwicklungen abliefen, die auch anderenorts – ohne daß eine Änderung in den ökolo-

gischen Parametern nachweisbar wäre – schon eingetreten sind. Wahrscheinlich wirkt hier eine Reihe von uns z. Z. noch unbekanntem Einflüssen gemeinsam. Die Untersuchungen sollen daher weitergeführt und vertieft werden.

Immerhin geben die jetzt vorliegenden Erfahrungen Veranlassung, die im Weser-Ästuar praktizierten Untersuchungen kritisch zu überdenken und Folgerungen für ähnlich gelagerte spätere Forschungsvorhaben daraus zu ziehen.

Zunächst ist festzustellen, daß die zur Verfügung stehende Zeit für befriedigende Untersuchungen bei weitem zu kurz war. Daraus resultierten wieder räumliche Einschränkungen im Untersuchungsgebiet und ein zu weitmaschiges Stationsnetz. Hierdurch allein wird die Interpretation der Ergebnisse außerordentlich erschwert.

Schon aus diesem Grunde sollte die biologisch/ökologische Erforschung küstennaher Seegebiete und der Ästuale – etwa als Bestandsaufnahme – auch ohne aktuellen Anlaß in Angriff genommen werden. Viele Entscheidungen wären leichter gefallen und manche Entwicklung hätte besser prognostiziert werden können, wenn langfristige biologisch/ökologische Beobachtungen bei Beginn der Arbeiten vorhanden gewesen wären, die dann nur noch gezielt hätten ergänzt werden müssen.

Inzwischen sind auch in den anderen deutschen Ästuarien durch Industrieansiedlungen veranlaßte ähnliche Untersuchungen angelaufen. Obwohl die derzeitigen Grenzen dieser Forschungen während der Weseruntersuchungen offenbar geworden sind, ist zu hoffen, daß mit wachsender Erfahrung die in dicht besiedelten Industriestaaten nun einmal notwendige Inanspruchnahme unserer Gewässer zunehmend besser gesteuert werden kann.

Schrifttum

1. LUCK, G.: „Gefährdung der Küstengewässer durch Abwassereinleitungen“, Neues Archiv für Niedersachsen, Bd 20, H 3, 1971.
2. HENSEN, W.: „Gutachten zum Antrag der Titangesellschaft auf Einleitung von Abwasser in die Unterweser bei Blexen vom 12. 2. 1966“, nicht veröffentlicht.
3. VIEHL, K.: „Gutachten zum Antrag der Titangesellschaft auf Einleitung von Abwasser in die Unterweser bei Blexen, 22. 4. 1966“, nicht veröffentlicht.
4. MEYER-WAARDEN: „Gutachten über die Einleitung der Abwässer der Titan-Gesellschaft m.b.H., Leverkusen, in die Weser bzw. die Nordsee, 7. Juni 1966“, nicht veröffentlicht.
5. KINNE, O. und H. ROSENTHAL: „Effects of sulfuric water pollutants on fertilization, embryonic development and larvae of the herring, *Clupea harengus*.“ Marine Biology, International Journal on Life in Oceans and Coastal Waters, Vol. 1, Nr. 1, June 1967.
6. MICHAELIS, H.: „Untersuchungen über das Schöpfplankton der Wesermündung“, Teil I, Qualitative Ergebnisse, Jahresbericht 1970 der Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz, Norderney, Bd XXII, 1971.
7. MICHAELIS, H.: „Untersuchungen über das Schöpfplankton der Wesermündung“, Teil II, Quantitative Ergebnisse, Jahresbericht 1971 der Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz, Norderney, Bd XXIII, 1972.
8. BODE, K.-L. und A. PUCK: „Qualitative und quantitative Untersuchungen über das Zooplankton der Wesermündung“, Jahresbericht 1971 der Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz, Norderney, Bd XXIII, 1972.