

**Thematische Kartierung und  
Sensitivitätsraster im deutschen Wattenmeer  
Juni 1987 – Juni 1993**

(UBA-Forschungsbericht 94-077 – Abschlußbericht Januar 1994)

**Autoren:**

*K.-H. van Bernem  
M. Grotjahn  
J. Knüpling  
H. L. Krasemann  
A. Müller  
L. Neugebohrn  
S. Patzig  
G. Ramm  
R. Riethmüller  
G. Sach  
S. Suchrow*

ISSN 0344-9629

**Thematische Kartierung und  
Sensitivitätsraster im deutschen Wattenmeer  
Juni 1987 – Juni 1993**

(UBA-Forschungsbericht 94-077 – Abschlußbericht Januar 1994)

**Autoren:**

***K.-H. van Bernem***

***H. L. Krasemann***

***A. Müller***

***S. Patzig***

***R. Riethmüller***

*(Institut für Physik, GKSS)*

***M. Grotjahn***

***J. Knüpling***

***G. Ramm***

*(Institut für Angewandte Biologie,  
Freiburg/Elbe)*

***L. Neugebohrn***

***S. Suchrow***

*(Institut für Angewandte Botanik,  
Universität Hamburg)*

***G. Sach***

*(Senckenberg am Meer,  
Wilhelmshaven)*

Im Auftrag des Umweltbundesamtes, des Landesamtes für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer und der Sonderstelle der Küstenländer „Ölunfälle See/Küste“:

**GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH · Geesthacht · 1994**

Als Manuskript vervielfältigt.

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor.

GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH · Telefon (04152)87-0  
Max-Planck-Straße · D-21502 Geesthacht/Postfach 11 60 · D-21494 · Geesthacht

GKSS 94/E/10

## **Thematische Kartierung und Sensitivitätsraster im deutschen Wattenmeer – Juni 1987 – Juni 1993**

(UBA-Forschungsbericht 94-077 – Abschlußbericht Januar 1994)

**K.-H. van Bernem**

*164 Seiten mit 39 Abbildungen und 14 Tabellen*

### Zusammenfassung

Das Vorhaben „Thematische Kartierung und Sensitivitätsraster des Deutschen Wattenmeeres“ beinhaltet eine methodisch einheitliche Inventur des gesamten deutschen Wattenmeeres zwischen 1987 und 1992. Sie basiert auf quantitativen und beschreibenden Daten und enthält eine Dokumentation temporärer Aspekte. Das Vorhaben war Ausgangspunkt für das synchron erstellte Wattenmeerinformationssystem WATiS. Es liefert weiterhin eine Grundlage für direkte Anwendungen bei Naturschutz- und Ölbekämpfungmaßnahmen sowie eine Vorgehensweise zur Abgrenzung repräsentativer Areale im Rahmen flächendeckender Monitoring-Untersuchungen, wie sie zum Beispiel im „Trilateral Monitoring and Assessment Program“ vorgesehen sind.

Mit einer Kopplung an das im Aufbau befindliche rechnergestützte maritime Umwelt-Managementsystem „REMUS“ werden Voraussetzungen geschaffen, die Planung von Vorsorge- und Bekämpfungsmaßnahmen im Verbund von logistischen, technischen und wissenschaftlichen Maßnahmen zu optimieren.

### Abstract

The project “Thematische Kartierung und Sensitivitätsraster des Deutschen Wattenmeeres” includes a methodically uniform inventory of the whole German Wadden Sea performed between 1987 and 1992. The inventory is based on quantitative and descriptive data and contains a documentation of temporary aspects. The project acts as a nucleus for the development of the Wadden Sea information System WATiS. The project forms the basis for direct applications for nature protection and oil-spill measures; in addition, a procedure to delimitate representative areals is demonstrated which can be used for example in the “Trilateral Monitoring and Assessment Program” for the Wadden Sea.

With the coupling to the computerbased maritime environmental management system “REMUS” (presently developed) the prerequisites are generated to combine logistical, technical and scientific techniques for provision and combat measures.

*Manuskripteingang in der Redaktion: 3. Februar 1994*

Berichts - Kennblatt

Berichtsnummer		3.
1. UBA-FB	2.	
4. Titel des Berichts	Erstellung eines Sensitivitätsrasters im deutschen Wattenmeer, Juni 1987 - Juni 1993	
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Bernem van, K.-H., Grotjahn, M., Knüpling, J., Krasemann, H. L., Müller, A., Neugebohrn, L., Patzig, S., Ramm, G., Riethmüller, R., Sach, G., Suchrow, S.	8. Abschlußdatum	26.1.1994
	9. Veröffentlichungsdatum	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift)  GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Max-Planck-Str., 21502 Geesthacht	10. UFOPLAN - Nr.	102 04 232
	11. Seitenzahl	165
	12. Literaturangaben	14 Seiten
	13. Tabellen und Diagramme	14
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift)  Umweltbundesamt, Bismarckplatz 1, 14193 Berlin	14. Abbildungen	39
15. Zusätzliche Angaben  Externer GKSS-Bericht: GKSS 94/E/10		
16. Kurzfassung Mit dem Abschluß des Vorhabens "Thematische Kartierung und Sensitivitätsraster des Deutschen Wattenmeeres" wurde eine methodisch einheitliche Inventur des gesamten deutschen Wattenmeeres im Zeitraum von 5 Jahren erreicht, die auf quantitativen und beschreibenden Daten basiert und eine Dokumentation temporärer Aspekte enthält. In Verbindung mit dem synchron erstellten Verarbeitungssystem, das im "WATiS" (Wattenmeerinformationssystem) realisiert wurde, bildet das Projekt damit eine Grundlage sowohl für direkte Anwendungen präventiver und therapeutischer Maßnahmen in Naturschutz und Ölbekämpfung, als auch für die Abgrenzung repräsentativer Areale im Rahmen flächendeckender Monitoringuntersuchungen, wie sie beispielhaft im "Trilateraleren Monitoring Programm" vorgesehen sind. Mit einer Kopplung an das rechnergestützte maritime Umweltmanagementsystem "REMUS" werden damit Voraussetzungen geschaffen, die Planung von Vorsorge- und Bekämpfungsmaßnahmen im Verbund von logistischen, technischen und wissenschaftlichen Maßgaben zu optimieren.		
17. Schlagwörter Lebensraum Watt, Ölsensitivität, Verölungseffekte, Ölbekämpfung, Wattenmeerschutz, Naturschutz, Wattenmeerinformationssystem (WATiS), Umweltmanagementsystem (REMUS)		
18. Preis	19.	20.

REPORT COVER SHEET

1. Report No. UBA-F3	2.	3.
4. Report Title Erstellung eines Sensitivitätsrasters im deutschen Wattenmeer, Juni 1987 - Juni 1993		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) Bernem van, K.-H., Grotjahn, M., Knüpling, J., Krasemann, H. L., Müller, A., Neugebohrn, L., Patzig, S., Ramm, G., Riethmüller, R., Sach, G., Suchrow, S.		8. Report Date 1.2.1994
		9. Publication Date
6. Performing Organisation (Name, Address) GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Max-Planck-Str., 21502 Geesthacht		10. DRUPLAN - Ref. No. 102 04 232
		11. No. of Pages 165
		12. No. of References 14 Seiten
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Bismarckplatz 1, 14193 Berlin		13. No. of Tables, Diagrams 14
		14. No. of Figures 39
15. Supplementary Notes Externer GKSS-Bericht: GKSS 94/E/10		
16. Abstract  The project "Thematische Kartierung und Sensitivitätsraster des Deutschen Wattenmeeres" includes an methodically uniform inventory of the whole German Wadden Sea performed between 1987 and 1992. The inventory is based on quantitative and descriptive data and contains a documentation of temporary aspects. The project acts as a nucleus for the development of the Wadden Sea information System WATIS. The project forms the basis for direct applications for nature protection and oil-spill measures; in addition, a procedure to delimitate representative areals is demonstrated which can be used for example in the "Trilateral Monitoring and Assessment Program" for the Wadden Sea.  With the coupling to the computerbased maritime environmental managementsystem "REMUS" (presently developed) the prerequisites are generated to combine logistical, technical and scientific techniques for provision and combat measures.		
17. Keywords Wadden Sea Information System (WATIS), Environment Management System (REMUS)		Living area Wadden coast, oilsensitivity, oileffects, nature protection, Wadden Sea protection, oil-spill-measures,
18. Price	19.	20.

## Vorwort

Durch den raschen Anstieg des Transports gefährlicher Stoffe über die Schifffahrtsrouten entlang der Deutschen Bucht und der Wattenmeerküste nimmt die Gefährdung der Tier- und Pflanzenwelt durch mögliche Ölnfälle stetig zu. Damit besteht insbesondere von ökologischer Seite ein dringender Bedarf an Strategiekonzepten sowohl zur Vorsorgeplanung als auch für die Ölbekämpfung. Die "Arbeitsgruppe zur meereskundlichen Untersuchung von Ölnfällen" unter dem damaligen Vorsitz von Herrn Prof. Gunkel verfaßte dazu schon im Jahr 1990 erste Entscheidungshilfen.

Das Projekt "Thematische Kartierung und Sensitivitätsraster im deutschen Wattenmeer" ist seit seiner Entstehung in ein sehr komplexes Arbeitsumfeld eingebettet, es bildet sozusagen das Endglied einer langen Reihe von Untersuchungen, die sich in unterschiedlicher Sicht- und Arbeitsweise mit dem Problemkreis "Öl im Watt" beschäftigen. Dieser Zusammenhang wird hier zum besseren Verständnis neben den im Kapitel 2 beschriebenen Aspekten erläutert. Grundsätzliche Entscheidungen, wie beispielsweise die Vermeidung einer Anwendung von Dispergatoren im Wattenmeer, konnten durch die Resultate einer weiteren Arbeitsgruppe (Chemische Verfahren zur Bekämpfung von Verschmutzungen der deutschen Küste und der See durch Öl) unter dem Vorsitz von Herrn Dr. Wunderlich (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz) gefunden werden.

Vorhanden waren weiterhin von der BSH (Bundesanstalt für Seeschifffahrt und Hydrographie) erstellte Driftmodelle, die auch zur Zeit noch weiterentwickelt werden. Mit Hilfe dieser Modelle ließ sich die Ausdehnung betroffener Gebiete für bestimmte Unfall-Szenarien annähernd beschreiben. Offen blieben u.a. die Fragen:

- Zu welcher Zeit sollten welche Gebiete mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln geschützt werden,
- ist es möglich hier zeitlich und örtlich Prioritäten zu finden,
- gibt es Zonen in denen eine bestimmte Menge Öl über einen längeren Zeitraum verbleiben kann, ohne größeren Schaden zu verursachen,
- unter welchen Voraussetzungen und mit welcher Priorität sind Reinigungsarbeiten durchzuführen,
- wo kann welches Gerät eingesetzt werden,
- welche Deichüberfahrten sind nutzbar,
- wo können Deponien angelegt werden,
- welcher "ökologische Schaden" ist entstanden und
- wie hoch ist der wirtschaftliche Schaden für die betroffene Region?

Allein diese unvollständige Auswahl verbleibender Fragen zeigt, daß eine auch nur annähernd umfassende Entscheidungshilfe nur durch ein Gremium von Experten gefunden werden kann, dem sowohl Ökologen und Vertreter des Naturschutzes als auch professionelle "Ölbekämpfer" und "Kenner" der örtlichen Gegebenheiten angehören.

Da ein solches Gremium allerdings einer Orientierungsgrundlage bedarf, wurde versucht, diese zunächst als Durchführbarkeitsstudie im "Modellvorhaben Sensitivitätsraster" zu erstellen.



len. Die ökologische Kartierung im Wurster Watt und im Rückseitenwatt von Spiekeroog mit der Entwicklung eines örtlich und zeitlich differenzierten Bewertungsmodells (J. Dörjes u. K.H. van Bernem, Senckenberg Institut Wilhelmshaven) stellte nur einen Teil des Gesamtvorhabens dar, das ebenfalls Untersuchungen zur ökonomischen Auswirkung (J. Maschke, Deutsches Wirtschaftswissenschaftliches Institut für Fremdenverkehr an der Universität München) und zur Infrastruktur und Ölunfallbekämpfung (H. Reincke, Wasserwirtschaftsamt Stade) beinhaltet.

Die Erfassung der Wattgebiete in ihrer Bedeutung für brütende, rastende und mausernde Vögel (G. Vauck, Vogelwarte Helgoland), war als gesondertes Vorhaben des Umweltbundesamtes allein bereits für das gesamte deutsche Wattenmeer angelegt und nur hinsichtlich seiner Eingliederung in das Bewertungsmodell Bestandteil des erstgenannten Teilvorhabens. Durchführung und Ergebnisse dieser Studie wurden von einem Expertenkreis unter dem Vorsitz von Herrn Prof. Gerlach begutachtet, der aus Vertretern der beiden o.g. Arbeitsgruppen, des Umweltbundesamtes und der SLÖ (Sonderstelle der Küstenländer - Ölunfälle See/Küste) zusammengesetzt war.

In der ökologischen Kartierung, die sowohl das Eulitoral als auch die angrenzenden Salzwiesen umfaßte, wurden besonders die Arten berücksichtigt, deren Verletzlichkeit durch Öl und deren Bedeutung bei der Rebesiedlung annähernd bekannt und beschreibbar war. Grundlagen lieferten hierzu u.a. besonders die Ergebnisse langjähriger Feld- und Laborversuche (s. Kap.2). Unter diesen Voraussetzungen war es möglich ein Bewertungsmodell zu entwickeln, das nicht auf einer Abstufung "a priori", sondern auf in situ erhobenen Größen basiert.

Die Bewertung der einzelnen Größen (Beim Benthos z.B.: Sedimentcharakter, Arten und Häufigkeiten) wie auch die lokale Abgrenzung zu bewertender Daten wurde nicht statisch sondern skalierbar gehalten, damit bei den trotz allem innewohnenden Unsicherheiten wie auch bei der individuellen Struktur von Ölunfällen einer Beurteilung durch Experten genügend Spielraum gegeben werden konnte. Diese Anwendung des Bewertungsmodells durch Experten ist essentiell, da nur so eine optimale Berücksichtigung aktueller in situ Daten und Kenntnisse zur Wirkung von Ölunfällen sichergestellt werden kann.

Eine statische Nutzung der im Resultat notwendigerweise stark vereinfachten Verletzlichkeitsabstufung von Arealen des Eulitorals und der Salzwiesen bedeutete ein grundsätzliches Mißverständnis dieses Modells. Bei Abschluß der Durchführbarkeitsstudie wurde deutlich, daß eine derartige Handhabung der bereits zu dieser Zeit schon sehr umfangreichen Datenmenge nur mit Hilfe der elektronischen Verarbeitung sinnvoll ist.

Da sich das Forschungszentrum Geesthacht bereit fand mit dem Wattenmeerinformationssystem, WATiS, sowohl den Aufbau einer Wattenmeerdatenbank (WADABA) mit entsprechendem Verarbeitungssystem als auch die küstenweite ökologische Kartierung federführend zu betreuen und mitzufinanzieren, konnte damit das Projekt "Thematische Kartierung und Sensitivitätsraster" im Frühjahr 1987 beginnen. Neben der bereits abgeschlossenen Studie der Vogelwarte Helgoland war dies damit das einzige Teilprojekt des ausschließlich vom UBA finanzierten Modellvorhabens, das im unmittelbaren Anschluß fortgesetzt wurde. Weitere finanzierende Partner waren hierbei: Das Umweltbundesamt, Berlin, die SLÖ (s.o.), das Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer. Der Aufbau von REMUS (Rechnergestütztes maritimes Unfallmanagementsystem) begann ungefähr zur gleichen Zeit. Hier sollte das

ökologische Sensitivitätsraster als Bestandteil von WATiS neben anderen Entscheidungshilfsmitteln, vor allem technisch-logistischer Art, eingebettet werden. Eine genaue Definition wie diese Einbindung und besonders die Expertenbetreuung des Bewertungsmodells strukturiert sein soll steht noch aus, da die Entwicklung von REMUS derzeit noch nicht abgeschlossen ist.

Mit dem erfolgreichen Abschluß der Thematischen Kartierung in 1992 liegt damit zum ersten Mal eine methodisch einheitliche Erfassung der Auftauchbereiche im gesamten deutschen Wattenmeer sowie der Salzwiesen des Festlandes vor. Sie beinhaltet sowohl:

- Rechnerlesbare Beschreibungen von Biotoptypen an ca. 5.000 Stationen,
- Arten und Abundanzen makrobenthischer Leitformen neben einer Reihe von Sedimentkennwerten an ca. 2.000 Stationen,
- Arten und Abundanzen benthischer Copepoden, Grünalgen und Cyanobakterien an ca. 350 Stationen,
- die Dokumentation von Pflanzengesellschaften der Salzwiesen an ca. 250 Transekten mit im Mittel jeweils 5 quantitativen Erhebungen sowie
- Jungfischbestände auf Platen in 6 ausgewählten Gebieten.

Alle das Eulitoral betreffenden Daten und zusätzlich die der Brut- und Rastvogelerfassung (Vogelwarte Helgoland, s.o.) sind Bestandteil der WADABA.

Mit dem geographischen Informationssystem Arc/Info wurde für die gesamte Wattenküste die Deich-, Hochwasser- und Niedrigwasserlinie aus der Topographischen Karte 1:25000 digitalisiert, so daß alle in der WADABA enthaltenen Informationen, soweit sinnvoll, in Form rechnererzeugter Karten dargestellt werden können. Dies gilt ebenso für die Darstellung der zeitlich und räumlich unterschiedlichen Verletzlichkeit von Wattgebieten bezüglich einer Ölverschmutzung.

Da, wie oben bereits erwähnt, eine Form der Expertenbetreuung im Zusammenspiel REMUS/WATiS noch nicht definiert ist, wurde zusätzlich, neben dem skalierbaren Bewertungsmodell, eine ebenfalls zeitlich und räumlich differenzierte Verletzlichkeitsabstufung entwickelt, im Bericht "Substratkategorie" genannt, die allein auf den Brut- und Rastvogelraten der Vogelwarte Helgoland in Verbindung mit ausgewählten Parametern der Habitatcharakteristik basiert. Diese weniger differenzierte Form der Bewertung hat den Vorteil, daß den Flächenwerten eine wesentlich höhere Zahl an Beobachtungsorten zugrunde liegt und eine Aktualisierung der Daten weniger aufwendig wird.

Die Resultate dieser Verletzlichkeitsabstufung konnten bereits als erste Ausgabe des ökologischen Sensitivitätsrasters in Form eines Kataloges von ca. 180 DIN A0 Karten der SLÖ für Vorsorgeplanungs- und Demonstrationszwecke übergeben werden. Um eine praktische Handhabbarkeit zu erleichtern, wurde zusätzlich eine transparente Rasterdarstellung der in diesen Karten enthaltenen Informationen im Format DIN A4 entwickelt, die es in Verbindung mit einer Seekarte zuläßt, in einfacher Weise nautische und morphologische Informationen mit denen der Sensitivitätsabstufung zu koppeln.

Der folgende Endbericht beschreibt nach der Darstellung einiger Grundlagen (Kap. 2) die Methodik der Kartierung und Auswertung des Probenmaterials in den einzelnen Sektionen (Kap. 4.1-4.7). Zu jeder biologischen Sektion sind zusätzlich einige Anmerkungen zur Öko-

logie und zur Auswirkung von Öl enthalten, da der Leserkreis Personen sehr unterschiedlicher fachlicher Ausbildung umfaßt. Weiterführend sind die in der Bibliographie genannten Arbeiten geeignet, Kenntnisse zum Umfeld des Sensitivitätsrasters zu vertiefen.

In Kapitel 5 wird das während der Durchführbarkeitsstudie entwickelte Bewertungsmodell dargestellt und durch eine Dokumentation zum Berechnungsmodus der "Substratkategorie" (s.o.) ergänzt. Nach der Beschreibung des WATiS in Kapitel 6 schließt sich im Kapitel 7 eine Beschreibung der Kartenerstellung an. Der Anhang enthält einige beispielhafte Kartendarstellungen von Ergebnissen der Kartierung im Eulitoral. Eine umfassende Darstellung ist wegen der großen Datenmenge nicht praktikabel und auch nicht sinnvoll, da dies jedem Nutzer von WATiS durch eine gezielte Abfrage auch über Datenfernverbindung in thematischer Ordnung möglich ist.

Die Kartierung der Salzwiesen wird, da sie noch nicht Bestandteil der WADABA ist, neben der im vorliegenden übergreifenden Endbericht enthaltenen Kurzfassung, zusätzlich und umfassend in einem gesonderten Bericht vorgestellt. Ihre Ergebnisse als Kartendarstellung liegen vor, eine Aufstellung der insgesamt 236 Salzwiesenkarten ist im Anhang dieses Berichtes enthalten.

### **Zitierte Berichte**

Chemische Verfahren zur Bekämpfung von Verschmutzungen der deutschen Küste und der See durch Öl. Bewertungsgrundlagen und Maßnahmen. Erarb. vom Arbeitskreis "Chemische Verfahren z. Bekämpfung von Meeresverschmutzungen". Ed.: Michael Wunderlich. I. Auftrag des Umweltbundesamtes.

Koblenz: Bundesanstalt für Gewässerkunde 1987/88.

Bd. I: Materialien 1987. 498 S. m. Abb. u. Tab.

Bd. II: Ergebnisse und Empfehlungen. 1988. 28 S.

Dispergatoren als Mittel zur chemischen Ölunfallbekämpfung.: Beurteilung und Anwendung.

Wolfgang Timm, Institut für Meeresforschung Bremerhaven (1986): Literaturstudie i. A. des Umweltbundesamtes, 73 pp.

Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung von Rohöl und Rohöl/Tensid-Gemischen im Ökosystem Wattenmeer, G. Herweck (Ed.), Senckenberg am Meer, 1984: Senckenbergiana marit., Bd. 16, 1-6, 272 p.

Meereskundliche Untersuchung von Ölunfällen. Tagung der Arbeitsgruppe zur meereskundlichen Untersuchung von Ölunfällen in Loccum - 18. bis 20. Sept. 1985: Umweltbundesamt, Texte 6/87, 362 pp.

## Danksagung

Herr Dr. Jörg Dörjes (verstorben am 7. Mai 1991, ehem. Senckenberg am Meer, Wilhelmshaven) hat einen grundlegenden Beitrag zur Realisierung des Projektes "Thematische Kartierung und Sensitivitätsraster im deutschen Wattenmeer" geleistet. Ihm sei an dieser Stelle im Namen aller Mitarbeiter herzlich gedankt.

Ohne die motivierende Unterstützung von Herrn Volker Brenk (Umweltbundesamt Berlin), Herrn Dr. Bernd Scherer (ehem. Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer) und Herrn Dr. Hubert Farke (Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer) wären viele Anfangsprobleme möglicherweise nicht überwunden worden.

Die Schwierigkeiten und Hindernisse, die einer derart umfassenden Kartierung in vergleichsweise kurzer Zeit entgegenstanden, dürften jedem vorstellbar sein, der jemals an größeren Felduntersuchungen im Watt beteiligt war. Zu ihrer Überwindung trugen viele bei. Auch denjenigen sei hiermit ausdrücklich gedankt, welche im Folgenden nicht genannt werden.

Besonderer Dank gilt:

Dem Amt für Land- und Wasserwirtschaft (ALW) in Schleswig-Holstein, dem Staatlichen Amt für Insel- und Küstenschutz (StalK) in Niedersachsen und dem Institut für angewandte Biologie in Freiburg/NE für die Bereitstellung von Kartenmaterial, Räumlichkeiten zur Übernachtung und für die Zwischenlagerung von Proben sowie zahlzeihen weiteren Hilfeleistungen der unterschiedlichsten Art.

Den Damen Siegrun Hellmann, Regina Renz und Roswitha Keuker-Rüdiger für ihre Hilfe bei der Organisation und Datenbetreuung. Und nicht zuletzt den Herren Heiko Pfau, Bruno Leitgeb sowie Peter und Wolfgang Kalensee, ohne deren Einsatz einige Ziele in der vorgesehenen Zeit unerreichbar geblieben wären.

Die Auswertung wurde durch viele vorbereitet und unterstützt bis zum vorliegenden Bericht: Dabei danken wir dem Rechenzentrum der GKSS, namentlich Herrn Dr. Gisbert Breitbach, für die Bereitstellung des Datenbanksystems und die Unterstützung auch in anderen wichtigen EDV-Diensten. Frau Antje Liskens-Kleinmans hat die ersten Daten in die Datenbank aufgenommen und ausgewertet und damit einen wichtigen Grundstock gelegt. Ihr sei hiermit gedankt. Die Herren Peter Oppelt und Reinhard Schaper haben uns vielfältig in technischen Aufgaben bei Texten und Grafiken unterstützt und für die letzte Überarbeitung des Textes sei besonders Frau Kristina Maria Weber gedankt.

## Inhaltsverzeichnis

Seite

1	Zusammenfassung.....	21
1.1	Summary.....	23
2	Grundlagen und Entwicklung des Projektes.....	25
2.1	Forschungsvorhaben zum Problembereich "Öl im Watt" .....	25
2.2	Einige Effekte von Öl und Dispergatoren im marinen Milieu.....	26
2.3	Thematische Kartierung und Sensitivitätsraster.....	30
2.4	Resumee.....	36
3	Zeitlicher Ablauf der Kartierung.....	40
4	Vorstellung der einzelnen Sektionen.....	43
4.1	Abiotische Parameter.....	43
4.1.1	Scherfestigkeitsuntersuchung (Befahrbarkeit).....	43
4.1.2	Korngrößen, Wassergehalt und Glühverlust.....	45
4.2	Makrobenthos.....	45
4.2.1	Stellung im Gesamtsystem.....	45
4.2.2	Vergleich bestehender Kartierungen.....	46
4.2.3	Auswirkungen von Öl.....	47
4.2.4	Methodik der Kartierung.....	49
4.2.4.1	Aufnahmetechnik im Gelände.....	49
4.2.4.2	Auswertung des Probenmaterials.....	50
4.3	Meiobenthos.....	52
4.3.1	Stellung im Gesamtsystem.....	52
4.3.2	Einfluß von Erdöl-Kohlenwasserstoffen.....	53
4.3.3	Methodik der Kartierung.....	53
4.3.3.1	Aufnahmetechnik im Gelände.....	53
4.3.3.2	Auswertung des Probenmaterials.....	53
4.4	Mikrophytobenthos.....	54
4.4.1	Stellung im Gesamtsystem.....	54
4.4.2	Einfluß von Erdöl-Kohlenwasserstoffen.....	55
4.4.3	Methodik der Kartierung.....	56
4.4.3.1	Aufnahmetechnik im Gelände.....	56
4.4.3.2	Auswertung des Probenmaterials.....	57
4.5	Fische und Garnelen.....	59
4.5.1	Stellung im Gesamtsystem.....	59
4.5.2	Einfluß von Erdöl-Kohlenwasserstoffen.....	62
4.5.3	Methodik der Kartierung.....	63
4.5.3.1	Aufnahmetechnik im Gelände.....	63
4.6	Vögel und Meeressäuger.....	64
4.6.1	Methodik der Kartierung.....	65

4.7	Salzwiesen.....	69
4.7.1	Allgemeine Beschreibug von Vorland und Salzwiesen.....	69
4.7.2	Bisherige vegetationskundliche Bearbeitungen.....	69
4.7.3	Gefährdung der Salzwiesen durch Rohöl und Ölprodukte.....	71
4.7.4	Methodik der Kartierung.....	72
4.7.4.1	Aufnahmetechnik im Gelände.....	72
4.7.4.2	Auswertung der Daten.....	73
4.7.4.2.1	Verwendete Software.....	73
4.7.4.2.2.	Vegetations- und Soziogramm-Tabellen.....	73
4.7.4.2.3	Aufstellung der Gesellschaftstypen.....	74
4.7.4.3	Beispiel "Rickelsbüller Koog".....	74
5	Sensitivitätsmodell.....	77
5.1	Einleitung.....	77
5.2	Grundlagen.....	77
5.3	Bewertung der Einzelbereiche/Arten nach Sensitivitätskriterien.....	79
5.3.1	Sedimente.....	79
5.3.2	Benthos.....	79
5.3.2.1	Makrofauna.....	81
5.3.2.2	Meiofauna.....	84
5.3.2.3	Mikrophytobenthos.....	86
5.3.2.4	Fische und Garnelen.....	88
5.3.2.5	Vögel.....	89
5.4	Übergreifende Bewertung: Benthos, Fische, Vögel.....	93
5.5	Salzwiesen.....	93
5.5.1	Berechnung der Ölsensitivität.....	93
5.5.1.1	Ölsensitivität der Arten.....	94
5.5.1.2	Gesellschaftssensitivitätszahl.....	95
5.5.2	Gesellschaftstypen und Sensitivitäts-Karten.....	95
5.5.3	Auflistung der Gesellschaftstypen.....	97
5.5.4	Beispiel "Helmsand".....	98
6	Datenverarbeitung für die thematischen Kartierungen.....	102
6.1	WATiS.....	102
6.2	Das technische Konzept des WATiS.....	103
6.3	Aufbau der WADABA.....	105
6.3.1	Anforderungen an den Aufbau der Datenbank.....	105
6.3.2	Teildatenbanken der WADABA.....	106
6.3.3	Verknüpfung von Sachdaten und Dokumentation.....	109
6.3.4	Verknüpfung von Sachdaten und Raumelementen.....	110
6.4	Wiederauffinden von Daten - Nutzerführungen.....	112
6.5	Datenaufbereitung in der Sensitivitätskartierung.....	112

7	Kartendarstellungen.....	115
7.1	Kartenerstellung in Vektorform.....	115
7.1.1	Datenaufnahme und -aufbereitung der räumlichen Informationen.....	115
7.1.2	Thematische Karteninhalte.....	116
7.1.3	Erläuterung zu den Karten für die Ölbekämpfung.....	116
7.2	Kartendarstellung in Rasterform.....	127
	Literaturverzeichnis.....	136
S	Anhang Salzwiesen (Tabellen)	
	Tabelle 1: Transektnr. und Karten Schleswig-Holstein.....	S 1
	Tabelle 2: Transektnr. und Karten Niedersachsen.....	S 6
	Tabelle 3: Vollständige Liste aller gefundenen Pflanzenarten.....	S 9

## Tabellenverzeichnis

4.2.4.2.1	Einteilung der größeren Bivalvier in Klassen.....	50
4.2.4.2.2	Liste der insgesamt erfaßten Makrofauna-Arten.....	51
4.3.3.2	Liste der insgesamt erfaßten Copepoden-Arten.....	54
4.4.3.2	Liste der insgesamt erfaßten Mikrophytobenthos-Arten.....	58
4.6.1	Liste der zur Sensitivitätsbewertung berücksichtigten Vogelarten.....	66
4.6.2	Liste der zu fordernden Mindestzahlen an Individuen für Wasser-..... und Watvogelrastgebiete	67
5.2.1	Sedimentkategorie.....	78
5.2.2	Substratkategorie.....	78
5.5.1.1.1	Bewertungsschema zur Einschätzung der Ölsensitivität von Pflanzen.....	94
5.5.1.1.2	Klasseneinteilung für die Sensitivitätszahl der Arten.....	94
5.5.2.1	Auflistung der Gesellschaftsensitivitätszahlen.....	95
5.5.2.2	Prozentualer Anteil der Pflanzengesellschaften im Wattenmeer.....	96
5.5.3	Absolute und relative Häufigkeit der Sensitivitätsstufen.....	97
5.5.4	Gesellschaftstypen.....	101

## Abbildungsverzeichnis

2.2.1	Relative Sensitivität von Küstenformen.....	29
2.3.1	Organisation und Aufgaben im Sensitivitätsraster.....	31
2.3.2	Einbettung von WATIS in des Forschungsspektrum (Schema).....	32
2.3.3	Inhalte des standartisierten Streckenprotokolls (Schema).....	37
2.3.4	Einflußgrößen im Komplex "Benthos-Sediment".....	38
2.3.5	Überlagerung der Einzelbewertung zum Summenwert.....	39
3.1a	In den Jahren 1987, 1988 und 1989 kartierte Gebiete.....	41
3.1b	In den Jahren 1990 und 1991 kartierte Gebiete.....	42
4.1.1	Befahrbarkeit im Wurster Watt.....	44
4.6.1	Empfindliche Zeiträume für Vögel im Wattenmeer.....	68
4.7.1	Profil eines gegrüpften oder unbeweideten Vorlandbereiches.....	70
4.7.4.3	Gesellschaftstypenkarten.....	76
5.5.4.1	Sensitivitäts-Karte S 163.....	99
5.5.4.2	Gesellschaftstypenkarte G 163.....	100



6.2.1	Das technische Konzept des WATIS.....	104
6.3.1	Projekte des WATIS.....	106
6.3.2.1	Teildatenbanken der WADABA.....	108
6.3.2.2	Teildatenbanken der Kartierungsprojekte in der WADABA.....	108
6.3.3	Verknüpfung von Sachdaten und Metainformationen.....	109
6.3.4	Verknüpfung von Sachdaten und Koordinaten in der WADABA.....	111
6.5	Arbeitsablauf der Datenaufbereitung.....	114
7.1.3	Blattschnitt der KFKI-Karte.....	117
7.1.2.1	Ölsensitivität-Karte: Vogel-Benthos-Sediment-Klasse..... November bis Februar	118
7.1.2.2	Ölsensitivität-Karte: Vogel-Benthos-Sediment-Klasse..... März bis Juni	119
7.1.2.3	Ölsensitivität-Karte: Vogel-Benthos-Sediment-Klasse..... Juli bis Oktober	120
7.1.2.4	Ölsensitivität-Karte: Vogel-Benthos-Sediment-Klasse..... Jahresmittel	121
7.1.2.5	Ölsensitivität-Karte: Vogel-Klasse..... November bis Februar	122
7.1.2.6	Ölsensitivität-Karte: Vogel-Klasse..... März bis Juni	123
7.1.2.7	Ölsensitivität-Karte: Vogel-Klasse..... Juli bis Oktober	124
7.1.2.8	Ölsensitivität-Karte: Vogel-Klasse..... Jahresmittel	125
7.1.2.9	Ölsensitivitätskarte: Benthos-Sediment-Klasse.....	126
7.2.1	Jadebusen/Hoher Weg, Stationen der Kartierung.....	128
7.2.2	Jadebusen/Hoher Weg, Häufigkeit von <i>Arenicola marina</i> .....	129
7.2.3	Jadebusen/Hoher Weg, Vorkommen von <i>Lanice conchilega</i> .....	130
7.2.4	Jadebusen/Hoher Weg, Schillbedeckung.....	131
7.2.5	Föhr bis Eiderstedt, Stationen der Kartierung.....	132
7.2.6	Föhr bis Eiderstedt, Häufigkeit von <i>Arenicola marina</i> .....	133
7.2.7	Föhr bis Eiderstedt, Vorkommen von <i>Lanice conchilega</i> .....	134
7.2.8	Föhr bis Eiderstedt, Schillbedeckung.....	135

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Alle lang- wie auch kurzfristiger Folgen von Ölverschmutzungen in Wattgebieten sind habitatsabhängig. Das zeigte sich in den Ergebnissen langjähriger Feld- und Laborexperimente. Diese Abhängigkeit ist eine Folge der Wechselwirkungen von Toxizität, Turbation und Persistenz und wird bestimmt durch abiotische und biotische Parameter.

Diese Erkenntnis bildet die Entwicklungsgrundlage einer örtlich und zeitlich differenzierten Verletzlichkeitsstudie von Wattgebieten, welche wiederum eine Entscheidungshilfe für Maßnahmen der Ölbekämpfung ist. Für eine optimale Studie und Entwicklung von Vorsorge- und Schutzmaßnahmen ist sowohl eine methodisch einheitliche und ausführliche Neukartierung notwendig, als auch die Ausarbeitung eines Bewertungskonzeptes.

Nach Beendigung der Durchführbarkeitsstudie von 1983-1986 im "Wurster Watt" und im Rückseitenwatt von Spiekeroog begann im Frühjahr 1987 die flächendeckende Kartierung der gesamten deutschen Wattgebiete. Diese wurde 1992 abgeschlossen. Für die Koordination war das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht zuständig.

Neben der Datenerhebung bildeten die Entwicklungen einer Datenbank (WADABA: Wattenmeerdatenbank) und eines Wattenmeerinformationssystem (WATiS) die Kernstücke der Arbeit. Das WATiS sollte den Zugriff auf alle gespeicherten Daten, die für die Beschreibung der Ölempfindlichkeit notwendig sind, erleichtern und Informationen für die Belange der Nationalparkämter und für wissenschaftliche Zwecke, z.B. im Rahmen der Ökosystemforschung, bereitzustellen.

Die Aufgabenstellung des Vorhabens gliederte sich in drei Bereiche:

- Thematische Neukartierung und Prüfung ihrer Durchführbarkeit für das gesamte Deutsche Wattenmeer in einem angemessenen Zeitraum.
- Entwicklung eines Bewertungskonzeptes.
- Anwendung der Bewertung auf die Ergebnisse der Kartierung als eigentliches "Sensitivitätsraster" und Prüfung der Möglichkeit einer anwenderorientierten kartographischen Darstellung mit den Mitteln der EDV.

Inhalt der einzelnen Bereiche:

### 1) Umfang der Kartierung:

Benthos:

Makrofauna: Bestimmung von Arten und Abundanzen an einem Stationsnetz von 1km<sup>2</sup>

Meiofauna und Mikrophytobenthos: Arten und Abundanzen an ausgewählten Orten.

Korngrößenverteilung und Scherfestigkeit der Sedimente.

Fische: Netzfänge mit einer 2 m Baumkurre auf den Platen ausgewählter Gebiete jeweils im Frühjahr und im Herbst der Untersuchungsjahre mit Bestimmung der Arten, ihrer Häufigkeits/Längenverteilungen und Bestandsdichten.

Salzwiesen: Bestimmung und Deckungsgrad der Pflanzengesellschaften auf 1m<sup>2</sup> grossen Flächen an Transekten mit 1 km Abstand.

Vögel und Meeressäuger: Dokumentation der von verschiedenen Institutionen gesammelten Daten (Inselstation der Vogelwarte Helgoland, 1986).

Die Habitatcharakterisierung der Stationen und der Zwischenbereich des Meßnetzes wurde durch die Dokumentation makroskopisch erkennbarer Merkmale in standardisierter,

datentechnisch verwertbarer Form beschrieben.

2) Bewertungskonzept:

Die örtlich und zeitlich differenzierte Bewertung von Wattgebieten ist ein Resultat unterschiedlich gewichteter Meß- und Schätzgrößen bei der Verteilung von Salzwiesengesellschaften und Benthosarten, sowie der Vogel- und Fischfauna und der Meeressäuger.

Grundlage aller numerischen Bewertungen ist die Berücksichtigung von Artenvielfalt und -häufigkeit. Weiterhin werden qualitative Parameter der Empfindlichkeit einzelner Arten berücksichtigt und beim Benthos die Aspekte ihrer systemaren Bedeutung. Die systemare Bedeutung ist abhängig von den folgenden sieben Kategorien:

Physiologische Sensitivität gegenüber Ölverschmutzungen,

Ökologische Sensitivität gegenüber Ölverschmutzungen,

Bedeutung als Nahrung,

Bedeutung für die Metabolisierung organischer Substanz,

Ausbreitungsfähigkeit,

Isolation,

Dauer der Reproduktionsphasen.

Innerhalb der Kategorien wird jede Art durch skalierbare Schätzgrößen bewertet. Die Bewertung der Sedimente findet aufgrund der Zusammenhänge zwischen Ölpersistenz, Sedimentart und Besiedlung Eingang in den "Benthoswert".

Fischfauna mit Garnelenbeständen, Vögel und Salzwiesen erhalten einen eigenen aus Meßwerten errechneten Index.

Die Nutzung des gesamten, sehr umfangreichen Datenhintergrundes mit allen Aggregationsebenen setzt eine Kopplung des Wattenmeerinformationssystems "WATiS" mit dem übergeordneten System "REMUS" (Rechnergestütztes Maritimes Unfallmanagement-System) voraus (LANGER, 1993). Da eine derartige Verbindung erst Ende 1993 begonnen wird, wurde für die Bewertung benthischer Areale zusätzlich eine "Substratkategorie" eingeführt, mit deren Hilfe sowohl abiotische als auch biotische Parameter von Lebensräumen in ihrer Bedeutung zur "Ölempfindlichkeit" bestimmt werden können.

Zur örtlichen Abgrenzung werden den einzelnen Werten bestimmte Gebiete zugeordnet. Eine zeitliche Differenzierung erfolgt nach der saisonalen Abhängigkeit bestimmter Arten.

3) Alle Aggregationsebenen können als Karten oder Tabellen durch "WATiS" dargestellt werden.

## 1 SUMMARY

The results of many years of field and laboratory experiments have shown that the short- and long-term consequences of oil pollution in Wadden Sea areas clearly depend on the type of habitat affected. The dependence is determined by both abiotic and biotic parameters and results from the interrelationships among toxicity, turbation, and persistence. These findings provided a basis for the development of a spatially and temporally differentiated vulnerability study of the tidal flats to help formulate methods to combat the oil pollution. Necessary prerequisites for this study included a new, uniform, methodical cartographical survey and the development of a concept for evaluation. After completion of a feasibility study on the tidal flats between the rivers Weser and Elbe and in the Wadden Sea between the island Spiekeroog and the mainland conducted from 1983 through 1986, an assessment of the entire German Wadden Sea regions was carried out under the direction of the GKSS Research Centre Geesthacht from 1987 to 1992 and integrated with the development of a comprehensive data base (Wattenmeerdatenbank - WADABA) and an information system.

This information system (Wattenmeerinformationssystem - WATiS) should make it possible to obtain detailed data to determine vulnerability to oil in individual cases with the necessary degree of simplification. It should also make information available on behalf of the national park authorities and to serve scientific purposes, i.e. in ecosystems research.

Despite the short time available, the cartographic survey had to be as extensive as possible to provide a solid foundation for the assessment and the subsequent vulnerability classification.

### The aims of the project were thus threefold:

- Thematic mapping and examination of its feasibility on tidal flats of the entire German Wadden Sea within a reasonable time scale.
- Development of an evaluation concept.
- Application of the evaluation concept using the results of the assessment as "vulnerability study" and examining the possibilities of a user-oriented cartographic presentation by means of EDP.

### Content of the ambits:

#### 1) Scope of the mapping:

##### Benthos:

Macrofauna: Determination of species and abundance on a grid net of 1 km<sup>2</sup>.

Meiofauna and microphytobenthos: Species and abundance at selected stations.

Grain size and shear strength of sediments.

##### Fishfauna:

Catches using a 2m beam trawl on selected flats in spring and autumn/year; determination of species, abundance, length distribution and stock density.

##### Salt marshes:

Determining plant associations and their coverage/m<sup>2</sup>, along transects 1 km apart.

Birds and sea mammals:

Documentation of data gathered by various institutions (Inselstation der Vogelwarte Helgoland, 1986).

The characteristics of the individual habitats at and between the stations were recorded using a standardized format, readable by EDP.

2) Concept of the evaluation:

The spatially and temporally differentiated evaluation of Wadden Sea areas results from differently weighted, measured and estimated values of the distribution of salt marsh communities and benthic species as well as bird- and fishfauna and sea mammals. The basis of all numerical evaluations is the consideration given to species diversity and abundance as well as qualitative parameters of the sensitivity of individual species and, in the case of benthos, aspects of their importance within the systems which is described for the following seven categories:

- Physiological sensitivity to oil pollution,
- ecological sensitivity to oil pollution,
- importance as a food,
- importance for the metabolisation of organic matter,
- ability to disperse,
- isolation,
- duration of reproductive stages.

Within these categories, each species is evaluated by estimated values on a given scale. Because of the interdependence among oil persistence, sediment type and settlement, the sediment evaluation is integrated into the benthos value.

Ichthyofauna, including shrimp stocks, avifauna and salt marshes each receive their own index calculated from measured values.

The use of the very extensive data-background including all aggregation-levels requires a connection of "WATiS" with "REMUS" as higher data processing system. Therefore, because this connection will not be started before the end of 1993, a "substrate classification" as an additional solution was introduced to valuate benthic areas.

For local diversification, specific areas are assigned to individual values. Temporal differentiation is in accordance with the seasonal dependence of specific species.

3) All aggregation levels can be depicted as electronic charts, plots or tables by "WATiS".

## 2 GRUNDLAGEN UND ENTWICKLUNG DES PROJEKTES

Das Vorhaben "Thematische Kartierung und Sensitivitätsraster im Deutschen Wattenmeer" findet eine wichtige Anwendung als Instrument zur Entscheidungshilfe bei der Bekämpfung von Ölverschmutzungen im Watt. Damit steht dieses Projekt am vorläufigen Ende einer Reihe von Untersuchungen, die sich in unterschiedlicher Thematik mit dem Problemkreis "Öl im Watt" befaßten. Auf diese vorangehenden Untersuchungen und das damit verbundene Umfeld stützen sich Ziele und Maßstäbe des Projektes. Ihre Entwicklung wird im folgenden kurz dargestellt (Kapitel 2.1). Die Beschreibung einiger Effekte, die für den Einfluß von Öl und chemischen Bekämpfungsmitteln im marinen Milieu bestimmend sein können, folgt dieser Darstellung (Kapitel 2.2), bis abschließend die grundlegenden Methoden der thematischen Kartierung und die der Bewertung ihrer Ergebnisse zum Sensitivitätsraster geschildert werden (Kapitel 2.3).

Eine detaillierte Beschreibung der Methoden erfolgt innerhalb der einzelnen Kapitel.

### 2.1 Forschungsvorhaben zum Problemkreis "Öl im Watt"

Ende 1979 wurde die Arbeitsgruppe "Meereskundliche Untersuchung von Ölundfällen" von einigen Wissenschaftlern, die sich bereits mit einer derartigen Problematik beschäftigten, unter dem damaligen Vorsitz von Herrn Prof. S. Gerlach ins Leben gerufen. Unmittelbar davor war als Folge einer Initiative von Herrn Dr. J. Dörjes vom Senckenberg Institut in Wilhelmshaven ein erstes fach- und institutionsübergreifendes Projekt: "Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung von Rohöl und Rohöl/Tensid-Gemischen im Ökosystem Wattenmeer" entstanden, dessen Ergebnisse zusammenhängend in einem Band der "Senckenbergiana maritima" veröffentlicht wurden (DÖRJES et al., 1984).

An diesem vom Umweltbundesamt finanzierten Vorhaben waren neben Wissenschaftlern des Senckenberg-Instituts auch Kollegen der Universitäten Hamburg, Kiel und Oldenburg beteiligt, die sich insgesamt in der soeben gegründeten Arbeitsgruppe zusammenfanden.

In-situ Untersuchungen der Effekte eines Rohöls und der eines Gemisches des Öls mit einem Tensid, nach einer von van BERNEM (1982) entwickelten Methode, beinhalteten die Bereiche: Chemie, Sedimentologie, Bakteriologie, Zoologie (Makro- und Meiobenthos) sowie die Botanik (Mikrophytobenthos und Flora der Salzwiesen).

In einem weiteren, nunmehr von der genannten AG initiierten Projekt, wurde eine ähnliche Fragestellung mit variiertem Methodik (Bremerhaven-Caissons) bearbeitet (FARKE et al., 1985).

An diese Großprojekte schlossen sich eine Reihe weiterer Arbeiten zu speziellen Themen, wie Entwicklung von Testverfahren, Ölabbau, Effekte auf Seevögel und Salzwiesen, Analytik von mineralölbürtigen Kohlenwasserstoffen und zu biologischen Maßnahmen der Ölbekämpfung im Wattenmeer an, die überwiegend vom Umweltbundesamt und auch von der DFVLR finanziert wurden. Ein großer Teil dieser Arbeiten wurde auf einer Tagung der AG in Loccum (18.-20.9.1985) vorgestellt und vom UBA veröffentlicht (UBA-Texte, 6/87). Neben der Mitarbeit an diesen experimentellen Studien hatte ein Teil der Kollegen die Möglichkeit, ökologische Folgen verschiedener Tankerunfälle in gesonderten Vorhaben zu untersuchen (u.a. O. GIÈRE, 1979).

Im Dezember 1983 wurde ein weiterer Arbeitskreis "Chemische Verfahren zur Bekämpfung von Verschmutzungen der Deutschen Küste und der See durch Öl" unter dem Vorsitz von

Herrn Dr. M. Wunderlich von der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz etabliert, dessen Mitglieder sich zum Teil aus der erstgenannten AG rekrutierten.

Auf der Basis weiterer F&E-Vorhaben zum technischen und ökologischen Umfeld der chemischen Ölbekämpfung, deren Ergebnisse als Materialienband (UBA Forschungsbericht 102 04 216/05) vorliegen, und einer Auswertung internationaler Fachliteratur (Literaturstudie im Auftrag des Umweltbundesamtes) wurden Empfehlungen als weitere Grundlage zur Entscheidungshilfe erarbeitet.

Bereits nach den ersten Ergebnissen von Vorhaben der AG "Meereskundliche Untersuchung von Ölunfällen" ergab sich für die Verhältnisse der Deutschen Nordseeküste folgendes Szenario: Die verschiedenen Lebensräume im Watt reagieren unterschiedlich auf Ölkontaminationen, nicht nur in der toxikologischen Sensitivität ihrer Siedlungsgemeinschaften sondern auch hinsichtlich der Penetrations- und Persistenzverhältnisse von mineralölbürtigen Kohlenwasserstoffen im Sediment.

Welche Konsequenzen ergaben sich daraus für Maßnahmen der Bekämpfung?

Legte man das von GUNDLACH & HAYES (1979) für die Küste der USA erarbeitete Raster zugrunde, so wäre der gesamte Bereich der deutschen Nordseeküste als hochsensitiv einzustufen und damit insgesamt zu schützen, ein Unterfangen, dessen Undurchführbarkeit nicht diskutiert zu werden braucht.

Wir standen also vor dem Problem zu prüfen, ob die von uns gefundenen Unterschiede der Reaktion von Wattlebensräumen auf eine Ölverschmutzung ausreichen, ein zusammenhängendes, insgesamt hoch empfindliches System, nach den oben skizzierten Erkenntnissen in Bereiche unterschiedlicher Sensitivität zu unterteilen und die entsprechenden Maßstäbe zur Bewertung zu entwickeln. Die dazu vom UBA finanzierte Studie "Modellvorhaben zur Entwicklung eines Sensitivitätsrasters der Deutschen Nordseeküste" begann im August 1983 als Durchführbarkeitsstudie und unterlag während der folgenden drei Jahre einer ständigen Betreuung durch ein Gutachtergremium, das zum großen Teil aus Mitgliedern der o.g. AG's bestand.

Die Möglichkeit zum kontinuierlichen fachlichen Austausch mit den Erkenntnissen beider Arbeitsgruppen war damit gegeben und half, die hohe Zahl wirksamer Phänomene und Faktoren so zu konzentrieren, daß eine anwendungsbezogene Strategie realisiert werden konnte.

## 2.2 Einige Effekte von Öl und Dispergatoren im marinen Milieu

Eine prägnante Darstellung des Wirkungsgefüges ist durch die unterschiedliche Qualität des Datenmaterials sehr erschwert. Dieser Sachverhalt erstaunt nicht, da hochkomplexe Gemische mit spezifischen Eigenschaften ihrer Einzelsubstanzen in Toxizität, chemischem und physikalischem Verhalten, Abbaubarkeit und Metabolisierung in noch wesentlich komplexere Ökosysteme mit deren besonderen biotischen und abiotischen Charakteristika eingetragen werden.

Eine systematische Untersuchung des gesamten Problemkreises existiert nicht und ist wohl auch umfassend nicht durchführbar. Zur Beurteilung müssen Ergebnisse aus Arbeiten über Teilphänomene wie auch Ergebnisse deskriptiver Berichte von Unfallfolgen herangezogen werden, die teilweise mit sehr unterschiedlichen Methoden erarbeitet wurden.

Grenzt man den Problemkreis auf einige für Wattengebiete besonders bestimmende Katego-

rien ein, so sind neben der Toxizität, dem mikrobiellen Abbau und der Bioakkumulation wie -konzentration besonders die Verhältnisse von Verfrachtung und Reverfrachtung im Sediment zu nennen.

In diesem Zusammenhang muß die großflächige Verbreitung von Öl im Watt nach einem Unfall im küstennahen Bereich als sicher angenommen werden, da sowohl neuere Modellrechnungen als auch Erfahrungen nach verschiedenen Unfällen dafür sprechen.

Eigene Beobachtungen nach der Ölkatastrophe im Persisch-Arabischen Golf (Juni 1991) bestätigten ebenfalls, daß, bei entsprechender Menge, ausgedehnte Wattgebiete flächendeckend und nicht nur im Uferbereich kontaminiert werden.

Der Vergleich des "vulnerability index" von GUNDLACH und HAYES (1978) für unterschiedliche Küstenformen mit den Verhältnissen nach dem Unfall der "Amoco Cadiz" weist aus, daß gerade geschützte Wattflächen, die einen großen Teil unserer Küstenformation ausmachen, besonders intensiver Kontamination mit langfristigen biologischen Schäden ausgesetzt sind (D'OZOUVILLE, GUNDLACH und HAYES, 1978).

Abbildung 2.2.1 zeigt diese Gegenüberstellung in leicht veränderter Form. Beachtung verdienen die in unseren Wattgebieten häufig vertretenen Lebensräume 4, 5 und besonders 9 und 10. Das Eindringen von Ölbestandteilen in Sedimente ist ebenfalls - obwohl lokal unterschiedlich - sowohl für perkolierte Sände als auch für wassergesättigte Schlicke descriptiv und experimentell nachgewiesen.

Gravierend für chronische Effekte aktueller Verschmutzungen wirkt hier besonders die additive Konzentration höher siedender Aromaten in feinkörnigem Sediment und in Organismen wie auch die Erscheinung von Folgekontaminationen aus einem "Reservoir" mit hoher Kohlenwasserstofffracht in benachbarte unkontaminierte Zonen (GUNKEL und GASSMANN, 1983; BERNEM van, 1987a).

Die Kenntnis um ein geändertes Penetrationsverhalten von Ölbestandteilen nach der Behandlung mit Tensiden, verbunden mit geändertem toxischem Effekt, ist demnach als Entscheidungshilfe bei der Entwicklung von Bekämpfungsstrategien von spezieller Bedeutung. So steigt die Toxizität von Ölbestandteilen, die in der Hauptsache auf die aromatische Fraktion begrenzt ist, mit steigendem Molekulargewicht, wobei eine akute Toxizität dem leichter wasserlöslichen Anteil vorbehalten bleibt. Bei der Anwendung von Dispergatoren wird allerdings der Anteil gelöster Fraktionen im Wasser erhöht und die Evaporation einem unbehandelten Öl gegenüber verringert. Demzufolge steigt die Toxizität dispergierten Öls mit der Effektivität des Dispergators unabhängig von der Eigentoxizität dieses Präparates. Diese Verhältnisse werden u.a. auch durch neuere Freilandversuche in deutschen Wattten bestätigt: FARKE et al. (1985) fanden bei Kohlenwasserstoffkonzentrationen von 40 ppm in der Wassersäule nach mechanischer und chemischer Dispersion bereits extrem hohe Sterberaten benthischer Organismen.

Der erst langfristig wirksame Anteil hochkondensierter und schwer wasserlöslicher Aromaten, deren Cancerogenität erst beim Abbau durch die Entstehung bestimmter Metabolisate wie z.B. Brenzkatechin wirksam wird, weist gleichzeitig die höchste Persistenz infolge seiner geringen Abbaubarkeit auf. Ihr Anteil im Rohöl ist relativ gering (1-4%), wird aber im Lauf des Eintrags von Kohlenwasserstoffen in aquatische Systeme addiert.

Ihr Transport im Nahrungsnetz ist anzunehmen, da bei weitem nicht alle marinen Organismen über die zu ihrer Metabolisierung notwendigen Enzymsysteme verfügen, Ölbestandteile jedoch bevorzugt an organische Sedimentpartikel gebunden werden. Kurz zusammengefaßt



erscheint damit der Eintrag von Öldispersionen in Wattenbereiche sehr ungünstig: Der noxische Effekt des Öls wird erhöht, die Folgen können eher einen chronischen Charakter erhalten. Eine Toxizität für Organismen bedeutet in-situ zumeist eine Verschiebung des Populationsgefüges, dessen ökologische Konsequenzen im Einzelnen sehr schwer abzuschätzen sind. Daten toxikologischer Labortests liefern demnach nur eine begrenzte Hilfe zur Einschätzung von Schäden im Ökosystem.

Descriptive Berichte von Unfallfolgen sind wenig miteinander vergleichbar und oft in ihren Ergebnissen widersprüchlich. Einige Resultate geben jedoch in Verbindung mit experimentellen Feldarbeiten wertvolle Aufschlüsse. Besonders sind hier u.a. die Arbeiten von GLEMAREC und HUSSENOT (1982) zu nennen, deren Bestandsanalysen nach dem Unfall der "Amoco Cadiz" durch sehr genaue quantitative Untersuchungen über rein descriptive Darstellungen hinausging. Die Autoren beschreiben den Wechsel unterschiedlicher Sukzessionen im Verlauf von drei Jahren, in denen noch keine Restitution der Zoosen stattfand. (CABIOCH et al., 1982) stellten nach dem gleichen Unfall große Unterschiede im Effekt bei unterschiedlichen Lebensräumen fest. In ähnliche Richtung deuten auch die Ergebnisse von van BERNEM (1982), wo nach Feldexperimenten im Watt sehr differenzierte Reaktionen hochsensitiver Organismen auf Rohöle einander ähnlicher Charakteristik festgestellt wurden.

Als kurzes Fazit ist festzuhalten: Beim Eintrag von Ölen ist mit sehr hohem toxischem Anteil bzw. bei der Verwendung bestimmter Dispergatoren mit hohen, lokal begrenzten Ausfällen zu rechnen, deren Restitution je nach der Betroffenheit besonders sensitiver Lebensräume und der Menge und Art des Kontaminanden mehrere Jahre dauern kann. Bei Ölen mit geringerem toxischem Anteil bzw. dem Verzicht auf Dispergatoren erwies sich die Endofauna heimischer Wattbereiche bei geringen Ölmengen als recht widerstandsfähig. Größere Mengen können allerdings auch hier zu langfristigen Folgen führen. Für die Bewertungsmaßstäbe im Sensitivitätsraster wurden nach dem unter (3) nur kurz dargestellten Wirkungsgefüge möglicher Ölverschmutzungen im Watt zwei grundlegende Konsequenzen angenommen:

#### Ökofunktioneller Aspekt

Penetration, Eliminierung und Persistenz von Ölbestandteilen in und auf dem Sediment stehen infolge ihrer Toxizität in Wechselwirkung mit der benthischen Flora und Fauna, d.h. mit der individuellen Verletzlichkeit von Arten und Ökotypen. Funktionelle Faktoren wie "respiatorische Eigenschaften von Habitaten", "Ärobidität der Sedimente", "Bioturbation" u.s.w. sind nach allen Erfahrungen durch vorhandene Siedlungsstrukturen optimiert. Ein milieurechter Abbau von Kohlenwasserstoffen ist damit gewährleistet und kann durch geänderte Strukturen nur negativ beeinflusst werden. Beispielsweise kann ein Ausfall bestimmter Makrofaunaarten die Bioturbation im Sediment und damit die Ärobidität und letztlich die Abbaukapazität herabsetzen.

Eine Bewertung der Sedimente in Verbindung mit der einer möglichst umfassenden Zahl benthischer Arten, deren physiologische und ökotypologische Sensitivität infolge der genannten Untersuchungen weitgehend bekannt ist, mußte also die bestimmende Grundlage für das Sensitivitätsraster liefern, um Ausmaß und Restitutionsdauer der Schäden beurteilen zu können.

## Zunehmende potentielle Gefährdung von Küstenformen und Beobachtungen nach dem Unfall der "Amoco Cadiz"

- (verändert nach Gundlach et al., 1978 und D'Ozouville, Gundlach & Hayes, 1978)

Küstenform	Interaktion (nach Gundlach et al.)	Interaktion ("Amoco Cadiz")
1. <b>FELSENKÜSTE:</b> exponiert, steil	intensive Wellenreflexion verhindert eine starke Kontamination	Wellenreflexion hielt den größten Teil des Öls von der Küste ab
2. <b>PLATE:</b> exponiert, erodierend "Sandbank"	starker Wellenschlag verursacht eine schnelle Eliminierung des Öls (wenige Wochen)	anfängliche Ölsättigung des Sediments innerhalb von 10 Tagen verschwunden
3. <b>STRAND:</b> flach, feinsandig (0,063-0,25 mm)	Ölpenetration geringer als einige cm, geringe Horizontbildung, hauptsächlich dünne oberflächige Schichten	nach 1 Monat leicht mit Öl bedeckt
4. <b>STRAND:</b> steiler, mittel/grobsandig (0,25-2,0 mm)	dicke Öl/Sediment-Schichten bis in 1 m Tiefe	Ölbedeckung und Horizonte nach einem Monat noch sehr stark
5. <b>PLATE:</b> exponiert, kompakt, feinkörnig	keine Ölpenetration, Strom treibt das meiste Öl über die Plate zum Strand, geringe Bedeckung, doch hoher biol. Schaden	keine Ölbedeckung, sehr hohe Mortalität bei Muscheln und Seeigeln
6. <b>STRAND:</b> Sand/Kies	schnelle Penetration und Horizontbildung; dicke, persistente Schichten	kein Vorkommen
7. <b>STRAND:</b> Kies ( 2 mm)	starke Penetration (65 cm) Bildung tiefliegender Horizonte	Penetration bis 30 cm
8. <b>FELSENKÜSTE:</b> geschützt	Ölbedeckung an rauhen Oberflächen und in "tidepools", schwerer biol. Schaden	dicke "Ölseen" in geschützten Buchten
9. <b>PLATE:</b> geschützt, aestuarin	langandauernde biologische Schäden	starke Ölbedeckung und Penetration (5-10 cm), breite Horizonte
10. <b>PLATE:</b> geschützt, ufernah; Mangrove	hohe Persistenz (10 Jahre und mehr), ausgedehnte und langandauernde biol. Schäden	extrem starke Ölbedeckung (15 cm)

Abb. 2.2.1 Relative Sensitivität von Küstenformen

### Naturschützerischer und wirtschaftlicher Aspekt

Die Unersetzlichkeit des Wattenmeeres für die gesamte paläarktische Vogelwelt ist weitgehend bekannt. Ebenso seine Bedeutung für Seehunde und besonders Jungfische verschiedener auch wirtschaftlich genutzter Arten (Scholle, Seezunge, Kliesche u.s.w.) wie auch für Garnelen. Eine lokal differenzierte Abschätzung der Bestände dieser Arten muß also zumindest während der Zeit ihres maximalen Aufkommens die funktionalen Maßstäbe des Komplexes Benthos-Sediment in seiner Bewertung überlagern.

Damit wurden umfangreiche Datenerhebungen vorausgesetzt, deren Handhabung ohne den gleichzeitigen Aufbau eines anwendungsorientierten Datenbank- und Verarbeitungssystems kaum durchführbar war. Ein solches System sollte allerdings auch garantieren, daß bei der für eine Verwendung zur Ölbekämpfung notwendigen Vereinfachung der Resultate auf Hintergrunddaten anderer Aggregationsebenen zurückgegriffen werden kann.

Mit diesen Voraussetzungen begann die Thematische Kartierung im gesamten Deutschen Wattenmeer durch das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht im Mai 1987 und endete im April 1992. Weitere mitfinanzierende Partner waren: Das Umweltbundesamt Berlin, die Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer, das Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und der Ölunfallausschuss See/Küste (ÖSK).

Eine Dokumentation der Belastung von Wattgebieten mit Schwermetallen und chlorierten Kohlenwasserstoffen durch das Forschungszentrum Geesthacht ergänzte diese Felduntersuchungen (KOOPMANN & PRANGE, 1991; KOOPMANN et al., 1993).

### 2.3 Grundlegende Methodik im Projekt "Sensitivitätsraster"

Die Kenntnis einer deutlichen Habitatabhängigkeit lang- und kurzfristiger Folgen von Ölverschmutzungen in Wattgebieten, die sowohl durch abiotische als auch biotische Parameter als Folge der Wechselwirkungen von Toxizität und Persistenz der Kontaminanden mit den Siedlungsverhältnissen und der Turbation bestimmt wird, bildete damit die Grundlage für die Entwicklung einer örtlich und zeitlich differenzierten Verletzlichkeitsstudie von Wattgebieten als Entscheidungshilfe für Maßnahmen der Ölbekämpfung. Notwendig wurde sowohl eine methodisch einheitliche Neukartierung im Wattenmeer wie auch die Entwicklung eines Bewertungskonzeptes.

Obwohl dieser Kartierung zeitlich enge Grenzen gesetzt waren, sollten nach Möglichkeit Aspekte eines allgemeinen ökologischen Monitoring enthalten sein und der Aufbau eines umfassenden Datenverarbeitungssystem integriert werden. Dieses Datenverarbeitungssystem sollte zum einen ermöglichen, bei der zur Beschreibung der Ölempfindlichkeit notwendigen Vereinfachung im Einzelfall auf detaillierte Daten zurückgreifen zu können. Zum anderen sollte es Informationen für die Belange der Nationalparkämter und für wissenschaftliche Zwecke bereitstellen (Abb. 2.3.1).

Mit dem Aufbau der Wattenmeerdatenbank (WADABA) und dem Wattenmeerinformationssystem (WATiS) im GKSS-Forschungszentrum Geesthacht als Bestandteil des Projektes "Thematische Kartierung und Sensitivitätsraster des Deutschen Wattenmeeres" wurden diese Ansprüche bis zum Abschluß des Vorhabens (1992) gewährleistet. Abbildung 2.3.2 zeigt die Einbettung von WATiS in das Spektrum mehrerer Forschungsvorhaben als Schema.

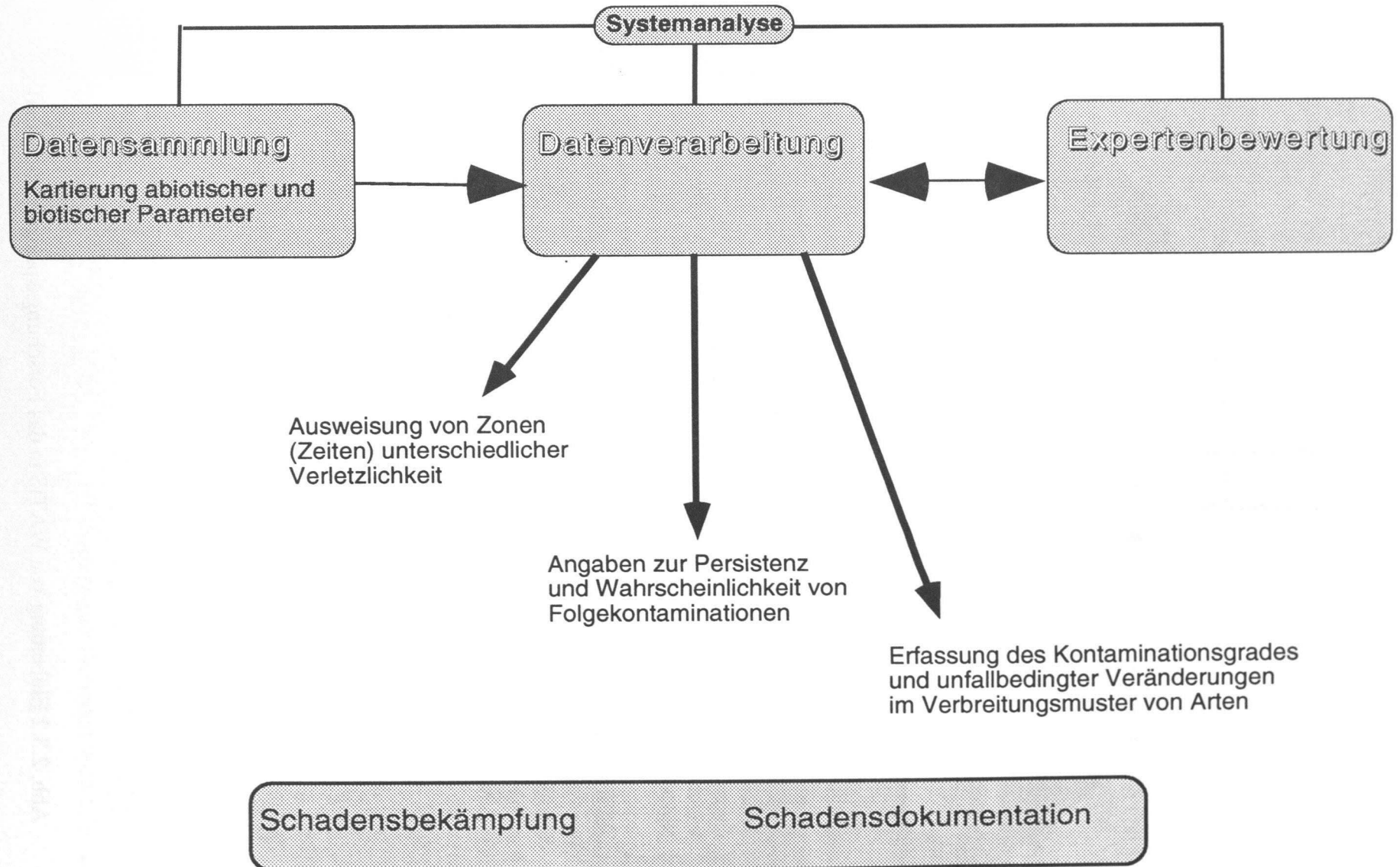


Abb. 2.3.1 Organisation und Aufgaben im Sensitivitätsraster

# Entscheidungshilfe zur Ölbekämpfung

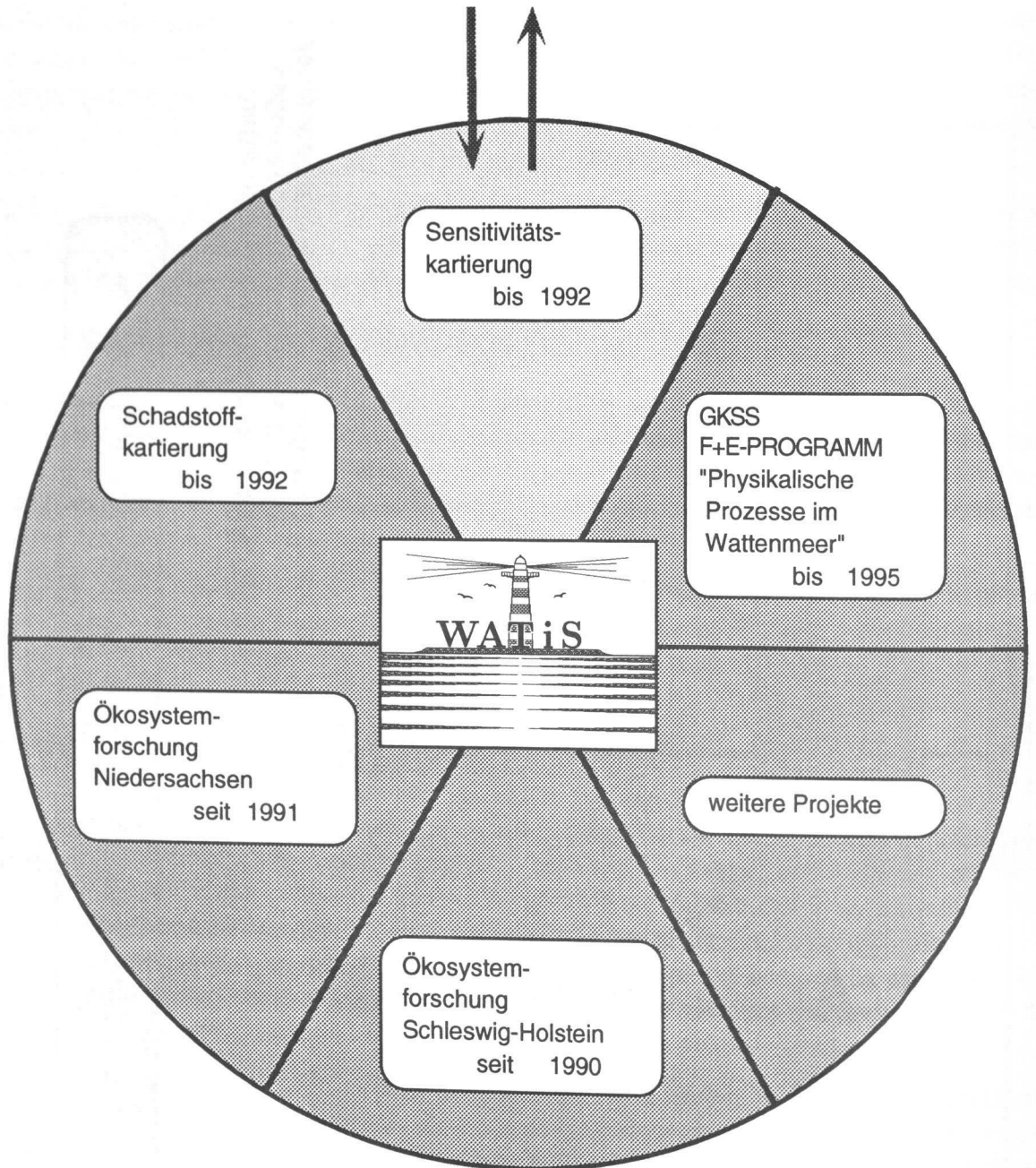


Abb. 2.3.2 Einbettung von WATiS in das Forschungsspektrum (Schema)

Im Rahmen der Kartierung wurden eigene Daten in den Sektionen: Salzwiesen, Sediment, Benthos (Makro-, Meio-, Mikrophytobenthos) sowie für Jungfischbestände erhoben. Daten zur Sektion Avifauna und Mammalia wurden in einem gesonderten Vorhaben als Literaturstudie der "INSELSTATION DER VOGELWARTE HELGOLAND" bereitgestellt (1986).

## S U P R A L I T O R A L

(Flora der Salzwiesen)

Beginnend am Deich- oder Dünenfuß wurden Transsekte ins Watt hinausgelegt (ca. 90° zur Küstenlinie mit ca. 1 km Abstand voneinander) und aus den hier auftretenden Vegetationseinheiten ausgewählte Aufnahmen erstellt.

Die einzelnen Vegetationsaufnahmen deckten eine Größe von jeweils 1 m<sup>2</sup> ab. Nach der Erstellung einer Präsenzliste und anschließender Schätzung der Dominanz wurden die Vegetationsaufnahmen im Anschluß mit Hilfe nahegelegener Höhenmeßpunkte einnivelliert (bezogen auf NN) und in Tabellen zusammengefaßt.

Die Anordnung der Arten in den Tabellen erfolgte nach ihrer soziologischen Zugehörigkeit. Die dabei aufgestellten Typen (Gesellschaften) sind als Blöcke zusammengefaßt, so daß ihre Abfolge mit zunehmender Höhe über NN erkennbar wird.

Die Aufstellung der Typen diente nicht primär dazu neue Gesellschaften zu beschreiben sondern stellt nach einer Aufstellung von Sensitivitätsklassen denen die Ergebnisse umfangreicher Experimente (NEUGEBOHRN, 1987; JITTLER-STRAHLENDORFF, M & L. NEUGEBOHRN, 1989) zugrunde liegen, den möglichen Gefährdungsgrad der untersuchten Salzwiesen dar.

## E U L I T O R A L

Über den gesamten jährlich zu kartierenden Bereich wurde ein flächendeckendes Stationsnetz (1 Station/ km<sup>2</sup>) gelegt. An allen Stationen wurden Proben zur Bestimmung der Makrofauna und abiotischer Parameter entnommen. Proben zur Bestimmung der Meiofauna und des Mikrophytobenthos entstammen zum einen einem zusammenhängenden Teilareal, das für den jährlich kartierten Bereich als repräsentativ gelten kann und zum anderen - verteilt nach der Homogenität der Habitate - ausgewählten Stationen, der gesamten Fläche.

Ein Teil dieser "intensiv beprobten" Stationen wiederum wurde monatlich zur Dokumentation jahreszeitlicher Einflüsse bearbeitet.

Besonders umfangreich konnte hier zusätzlich für den Bereich Meiofauna im Rahmen des GKSS-Hochschulforschungsprogramms in Koordination mit der Sedimentologie gearbeitet werden (KÖSTER & RUNTE, 1992).

Die Charakteristik der einzelnen Habitate an und zwischen den Stationen wird anhand eines standardisierten Streckenprotokolls beschrieben. Alle Stationen und Habitatgrenzen konnten nach dem Küstennavigationssystem Dekka eingemessen werden. Eine Erfassung der Jungfischbestände erfolgte im Frühjahr und im Herbst auf Platen und in Rinnen ausgewählter Gebiete. Für die in unterschiedlicher Intensität bearbeiteten Stationen wird folgende Nomenklatur verwendet:

Zwischenstation - Habitatcharakteristik auf standardisierten Protokollen mit ca. 70 Parametern

Netzstation - Habitatcharakteristik, wie Zwischenstation, zusätzlich Scherfestigkeitsmessung, Probennahme zur Korngrößen- und Wassergehaltsbestimmung im Sediment, Stichproben zur Beschreibung von Leitformen der Makrofauna

Intensivstationen - wie Netzstation, zusätzlich Erweiterung des Stichprobenumfangs zur Makrofauna, halbquantitative bis quantitative Beprobung der Meiofauna (benthische Copepoden) und des Mikrophytobenthos.

Terminstation - mit unterschiedlicher Intensität und Frequenz saisonal beprobte Stationen

## ABIOTISCHE PARAMETER

Die Bestimmung der Scherfestigkeit, u.a. als Kennwert für eine Befahrbarkeit der Sedimente durch Ölräumfahrzeuge, erfolgte in 15 und 30 cm Tiefe durch je 5 Einzelmessungen, deren Mittelwerte nach Umrechnung ( $\text{kN/m}^2$ ) angegeben werden. Nach einer Bestimmung des Glühverlustes und des Wassergehaltes wurden die Korngrößenfraktionen aus Oberflächenproben bis 7 cm Tiefe nach ASTM definiert.

Der Anteil von Korngrößenfraktionen  $> 0,06$  mm, der Wassergehalt und der Glühverlust dienen neben biologischen Aspekten und der Auswertung von Luftbildern zur Sedimentklassifizierung. Eine weitere Klassifizierung der Sedimente besteht als "Kennwert" durch die Auswertung der Streckenprotokolle (Sedimentkategorie).

## BENTHOS

Siedlungsverhältnisse der Makrofauna wurden durch 1 - 8 Stechzylinderproben von  $177 \text{ cm}^2$  Grundfläche bis in 30 cm Tiefe erfaßt, vor Ort ausgesiebt (Maschenweite: 1 mm) und formfixiert. Die Bestimmung der Biomasse erfolgte nach dem aschefreien Trockengewicht (ATG) unfixierten Materials nach Möglichkeit für einzelne Arten.

Der Probenumfang pro Station und Termin für die Meiofauna betrug  $5 \times 100 \text{ cm}^2$  bis in 2 cm Tiefe und bei vorhandenem Interstitium entsprechend tiefer. Die Bearbeitung des formfixierten Materials erfolgte nach Elutrieren unter einem Stereomikroskop bei 40-facher Vergrößerung.

Zur Charakterisierung der Mikroflora wurden pro Station je drei Oberflächen- und Tiefenproben entnommen und untersucht: Differenziert wurde möglichst bis zur Art und die Zellen in tot, absterbend und lebend unterschieden.

Der Grad der Flächendeckung von Diatomeenrasen ist neben anderen Beobachtungen Bestandteil standardisierter Streckenprotokolle zur Habitatcharakterisierung. Beschrieben wurden hier unter anderem weiterhin: Größe und Form von Rippelstrukturen und anderer Oberflächenmerkmale, Art des Untergrundes und der Schilldurchsetzung, Beschaffenheit der Redoxverhältnisse, Flächendeckung durch Makroalgen und Makrophyten, Art und Dichte der sichtbaren Makrofauna wie auch Alter und Beschaffenheit von Muschelbänken. Die Art der Protokolle ist so gehalten, daß sie im Datenverarbeitungssystem sowohl den quantitativen Daten einzelner Stationen zugeordnet, als auch getrennt zur Arealbeschreibung und -bewertung herangezogen werden können (Abbildung 2.3.3)

Fischereiliche Bestandserhebungen im Wattenmeer sind wegen der hohen Mobilität der Tiere nicht unproblematisch: So finden starke Zu- und Abwanderungen verschiedener Arten statt, die wiederum von kurzfristigen lokalen Bewegungen überlagert werden können. Zudem können synökologische Interaktionen wie Nahrungs-, Raumkonkurrenz und Räuber - Beute - Effekte erheblich auf Bestandsstärken einwirken. Derartige Repräsentanzprobleme könnten nur mit sehr hohem methodischen Aufwand ausgeglichen werden.

Die 2-m Baumkurre mit knotenlosem 5-mm Netz hat sich jedoch als eine für bodenlebende Jungfische (insbesondere Schollen) gute Methode zur Bestandsermittlung erwiesen. Sie fand hier ausschließlich Verwendung. Gekurt wurde mit einem flachgehenden Motorboot mit 1 kn Geschwindigkeit über Grund, 1 1/2 Stunden vor bis 1 1/2 Stunden nach Hochwasser auf bei Ebbe durch Bojen gekennzeichneten Strecken von 200 m Länge - jeweils im Frühjahr und im Herbst. Die Anzahl der Hols / Saison war mit 80 - 100 pro Fläche sehr hoch bemessen, um einen Ausgleich für die o.g. Repräsentanzprobleme anzustreben.

Ausgewertet wurden: Volumen des Gesamtfanges, Volumen von Garnelen, Muscheln, Schill, Algen etc., Anzahl der Fische jeder Art, eine Längenverteilung der Plattfische (0,5 cm Klassen) und Randbeobachtungen.

## Bewertung

Für alle Sektionen: Salzwiesen, Benthos (incl. Jungfische) und Avifauna wurden syn- bzw. autökologische Kategorien erstellt, die eine Abschätzung der Ölempfindlichkeit einzelner Arten zulassen. Diese Empfindlichkeit von Arten wird entweder über Gesellschaften (Salzwiesen) hochgerechnet oder, wie beim Benthos, mit der Abundanz der Arten und bestimmter Sedimentparameter verbunden. Die Einflußgrößen für den Bewertungskomplex "Benthos-Sediment" und die ökologischen Kategorien sind mit Beispielen für die Bewertung einzelner Arten in Abbildung 2.3.4 schematisch dargestellt. Da eine derartige Form einer skalierbaren Bewertung benthischer Areale die Kopplung von "WATiS" mit dem für diesen Zweck übergeordneten System "REMUS" voraussetzt, wurde als zusätzliche Lösung eine "Subtratkategorie" eingeführt, die auf der Basis der Ergebnisse der Streckenprotokolle eine Verletzlichkeitseinteilung benthischer Areale zuläßt (s. Kap. 5).

In allen Sektionen resultieren Indices, die in je 4 Empfindlichkeitsklassen eingeteilt werden. In einer summarischen Betrachtung werden die Klassenwerte aller Sektionen in einer Skala mit 12 Abstufungen zusammengefaßt, die mit dem Hintergrund detaillierter Daten im Verarbeitungssystem und mit einer kontinuierlichen Expertenbetreuung, Sensitivitätsbeurteilungen in zeitlichen und räumlichen Unterschieden ermöglicht. Abbildung 2.3.5 zeigt die Überlagerung der Einzelbereiche und ihre zeitliche Geltung als Schema. Eine ausführliche Beschreibung des Bewertungskonzeptes geben van BERNEM, DÖRJES & MÜLLER, (1989).

Die Möglichkeiten der Anwendung als Instrument zur Entscheidungshilfe des damit bestehenden Sensitivitätsrasters beginnen bei der Vorsorgeplanung und enden bei der Schadensdokumentation und Restauration:

- Die detaillierten Informationen der Kartierung können für den Aufbau örtlich und zeitlich differenzierter Einsatzpläne unter Berücksichtigung der Besonderheiten einzelner Gebiete genutzt und auf dem jeweils aktuellen Stand gehalten werden.



- Sie liefern eine Grundlage für Prüfungen, ob, mit welchen Methoden und unter welchen Unfallbedingungen die markierten Zonen höchster Sensitivität geschützt werden können.
- Sie helfen eine konkrete Planung von Prioritäten für Art und Umfang der Reinigungsarbeiten zu erleichtern.
- Im akuten Bekämpfungsfall können die monatlich differenzierten, graphisch oder rechnerisch erstellten Sensitivitätskarten mit der Hierarchie ihrer Aggregationsebenen zur Bildung von Einsatzschwerpunkten genutzt werden.
- Im Schadensfall können die Daten der Kartierung zur Dokumentation der Schäden und zur Abschätzung der Regenerationsdauer herangezogen werden.

#### 2.4 Resumee

Mit dem Abschluß des Vorhabens "Thematische Kartierung und Sensitivitätsraster des Deutschen Wattenmeeres" wurde eine methodisch einheitliche Inventur der gesamten deutschen Wattenküste im Zeitraum von 5 Jahren erreicht, die auf quantitativen und beschreibenden Daten basiert und eine Dokumentation temporärer Aspekte enthält..

In Verbindung mit dem synchron erstellten Datenverarbeitungssystem, das im "WATiS" (Wattenmeerinformationssystem) realisiert wurde, resultiert damit eine Grundlage sowohl für die Abgrenzung repräsentativer Areale im Rahmen flächendeckender Monitoring-Programme, als auch für direkte Anwendungen präventiver und therapeutischer Maßnahmen in Naturschutz und Ölbekämpfung.

Mit der Kopplung an das geplante rechnergestützte maritime Umweltmanagementsystem "REMUS" sind damit Voraussetzungen geschaffen, die Planung von Vorsorge- und Bekämpfungsmaßnahmen im Verbund von logistischen, technischen und wissenschaftlichen Maßgaben zu optimieren.

## STANDARDISIERTES BEOBACHTUNGSPROTOKOLL (SCHEMA)

---

Höhe	Schillvorkommen
Abstand von der MTNW-Linie	in und auf dem Sediment
Neigung - Strömungsexposition	Diatomeen
Abstand von Rinnen, Prielen etc.	Vorkommen, Deckungsgrad
Oberflächencharakteristik	Makroalgen
Rippelmuster, Kies, Torfbrocken	Art, Vorkommen, Deckungsgrad
Sedimentcharakteristik	Makrophytobenthos
Farbe, Sand, Schlack, Sandwich-Struktur etc.	Art, Vorkommen, Deckungsgrad
Art tieferer Schichten	Makrozoobenthos
Torf, Klei etc.	Art, Vorkommen, Deckungsgrad, (Alter, Form)
Eindringtiefe	Beobachtungen
Wasserbedeckung	Redoxverhältnisse
Deckungsgrad	Tiefe und Qualität der oxidierten Zone

Abb. 2.3.3 Inhalte des standardisierten Streckenprotokolls (schematisch)  
- enthalten sind insgesamt ca. 70 Variablen

KATEGORIEN	ARTEN (Beispiele)		
	Makrofauna:	Meiofauna:	Miphyte.:
	<i>Arenicola m.</i>	<i>Harpacticus f.</i>	<i>Achnanthes h.</i>
PHYSIOLOG. SENSITIVITÄT	2	3	1
ÖKOLOG. SENSITIVITÄT	1	3	1
BEDEUTUNG ALS NAHRUNG	3	3	1
BEDEUTUNG FÜR DIE METABOLISIERUNG	3	1	2
AUSBREITUNGSFÄHIGKEIT	2	1	3
ISOLATION	-	2	1
REPRODUKTIONSDAUER	3	3	1
<hr/>			
Σ Ladungszahlen	14	16	10
Σ/n	2,3	2,3	1,4

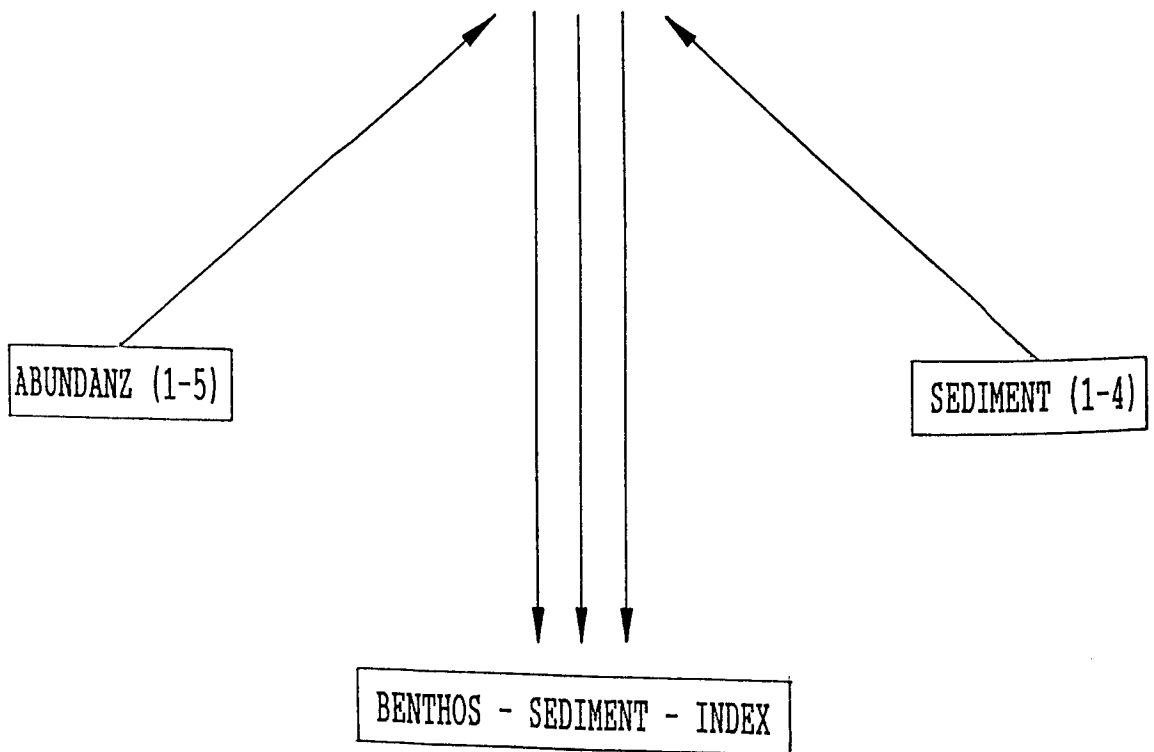
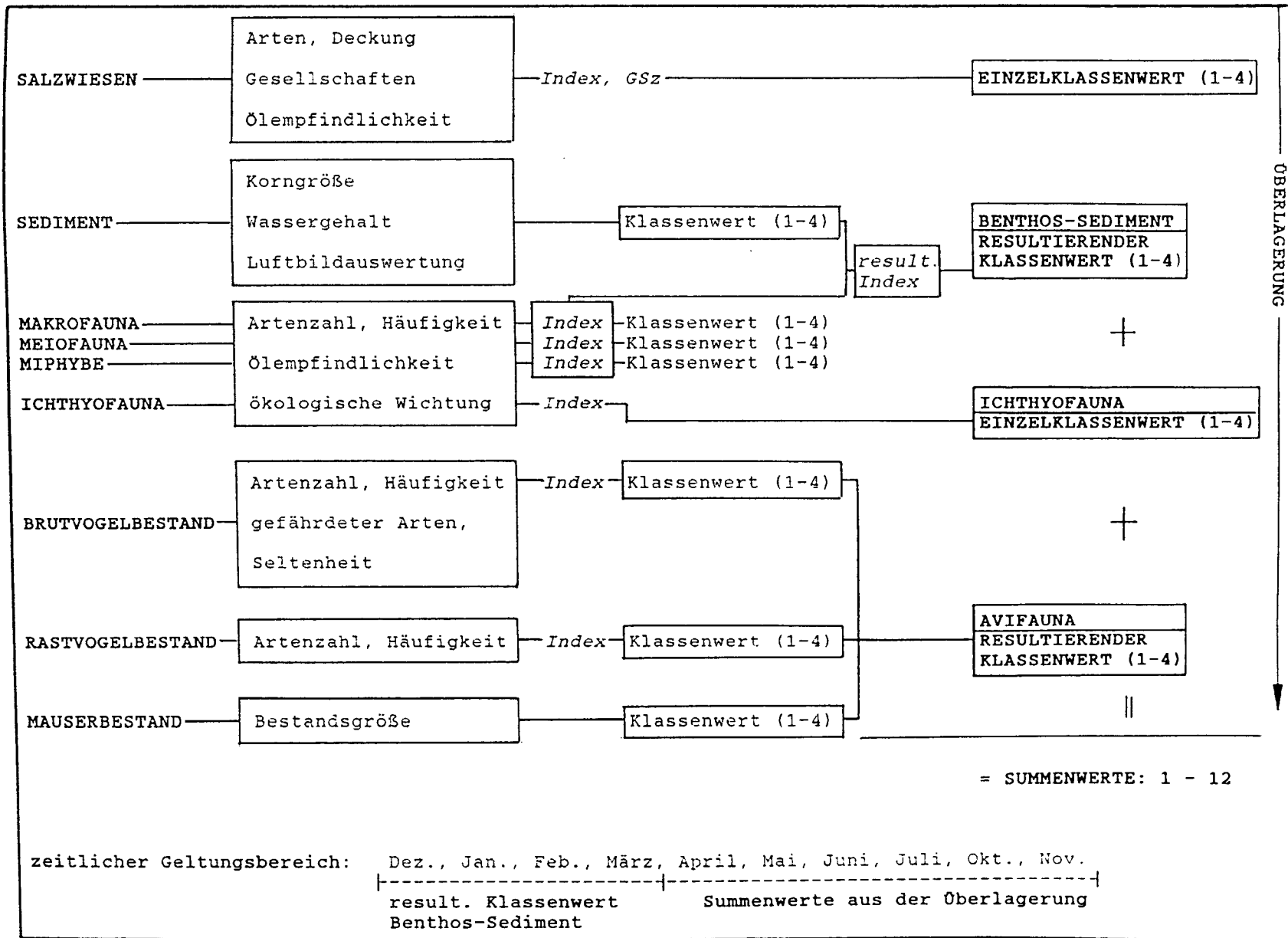


Abb. 2.3.4 Schematische Darstellung der Einflußgrößen zur Bewertung im Komplex "Benthos-Sediment".

Abb. 2.3.5: Schematische Darstellung zur Überlagerung der Einzelbewertung zum Summenwert und zeitliche Geltung der Werte.



### 3 ZEITLICHER ABLAUF DER KARTIERUNG

Der Beginn der ersten Feldarbeiten schloß direkt an die letzten Auswertungen zum Modellvorhaben (Durchführbarkeitsstudie) Teilbereich "Spiekeroog-Rückseitenwatt" an. Für den grundlegenden Ablauf der einzelnen Arbeitsbereiche im oben skizzierten Vorhaben war vorgesehen, in jährlichen Feldkampagnen einen anteiligen Bereich der Auftauchgebiete und Salzwiesen während der Sommermonate zu kartieren und das anfallende Probenmaterial bis zum Beginn der nächsten Kampagne aufzubereiten. Gemessen an der Bearbeitbarkeit des anfallenden Materials und der - wenn auch nur ungenau bekannten - Ausdehnung der Flächen sowie ihrer Erreich- und Begehbarkeit wurde die Erfassung der gesamten deutschen Wattgebiete in einem Zeitraum von 4 - 5 Jahren als möglich angesehen.

Die Zahl der jährlich nach Auswertung der einzelnen Sektionen anfallenden Informationen betrug ca. 350.000 Datenwerte. Diese mußten in die zuvor erstellten, für bisherige Arbeitsweisen ungewohnte Tabellenstrukturen der relationalen Datenbank eingegeben werden. Der hierzu erforderliche Aufwand wurde zu Beginn des Projektes unterschätzt. Ein weiteres Problem bestand darin, daß die während des Modellvorhabens erhältlichen topographischen Informationen aus den neuesten Meßdaten nicht mehr zur Verfügung standen. Einerseits dienten diese Informationen als Planungsgrundlage für die Feldarbeiten, da sie wertvolle Einschätzungen über die Homogenität und Inhomogenität von Wattgebieten zuließen, andererseits lieferten sie nur schwer ersetzbare Hinweise zur Flächenbegrenzung bei der Auswertung des Materials.

Hinsichtlich des erstgenannten Aspektes sei hier nur erläutert, daß beispielsweise die Erreichbarkeit bestimmter Areale durch eine möglichst genaue Kenntnis der Prielverläufe und Tiefen sowie auch der Inhomogenitäten erheblich erleichtert wird. Erst während der Begehung erkennbare schwer zu passierende Schlickzonen und Priele führten so zu erheblichem Zeitverlust. Darüberhinaus konnte eine Einteilung der intensiv beprobten Stationen nicht gezielt erfolgen, sondern mußte von jedem Kartierer individuell vor Ort getroffen werden. Die relative Zahl dieser Stationen wurde dadurch erhöht und führte ebenfalls zu einem erheblichen Zeitverlußt, da diese Stationen den ca. 10-fachen Arbeitsaufwand bei der Probennahme und den 20- bis 30-fachen bei der Auswertung im Vergleich mit normal beprobten "Netzstationen" bedeuten. Die Bedeutung und der Umfang von "Zwischenstationen", "Netzstationen" und "Intensivstationen" ist in Kapitel 2.3 erläutert.

Wetterbedingte Schwierigkeiten störten einen kontinuierlichen Ablauf der Kartierungsarbeiten insofern, als daß während der Jahre 1987 und 1988 weite Gebiete der flachen Nordfriesischen Watten seltener als üblich gänzlich trocken fielen und dadurch zeitaufwendige Ortsverlagerungen der Arbeitsgruppen notwendig wurden. Ähnliche Probleme bereitete die Vorgabe "zeitlicher Fenster" zum Betreten bestimmter Gebiete.

Trotz dieser nicht vollständig vorhersehbaren Schwierigkeiten konnten jährlich ca. 360 Stationen bearbeitet werden, so daß nach Ablauf der avisierten fünf Jahre die Benthoskartierung mit einer Gesamtmenge von ca. 350 Intensivstationen, 1.500 Netzstationen und 3.000 Zwischenstationen abgeschlossen war. Die während der einzelnen Jahre kartierten Bereiche sind den Abbildung 3.1.a und 3.1.b zu entnehmen.

Die fischereilichen Untersuchungen konnten wegen des verspäteten Projektbeginns erst im Herbst 1987 mit ca. 80 Hols im Rückseitenwatt Amrum begonnen werden. Im Frühjahr und im Herbst 1989 wurden sie auf Wattgebieten vor Munckmarsch und auf dem Raulingssand

in gleicher Intensität fortgesetzt, sowie zusätzlich im Königshafen bei List. Der Königshafen blieb Untersuchungsgebiet für die Frühjahrs- und Herbstfischerei bis zum Frühjahr 1991. Im Herbst 1989 wurden zusätzlich der Jadebusen und Wattgebiete bei Accumersiel bearbeitet, letztere in Koordination mit der Rinnenbefischung der Bundesforschungsanstalt Hamburg im Rahmen des "demersal young fish and brown shrimp survey" mit ebenfalls je 80 - 100 Hols. Die Arbeiten bei Accumersiel konnten bis zum Herbst 1991 fortgesetzt werden.

Abb. 3.1.a  
In den Jahren 1987, 1988 und 1989 kartierte Gebiet mit Angaben der Stationszahl

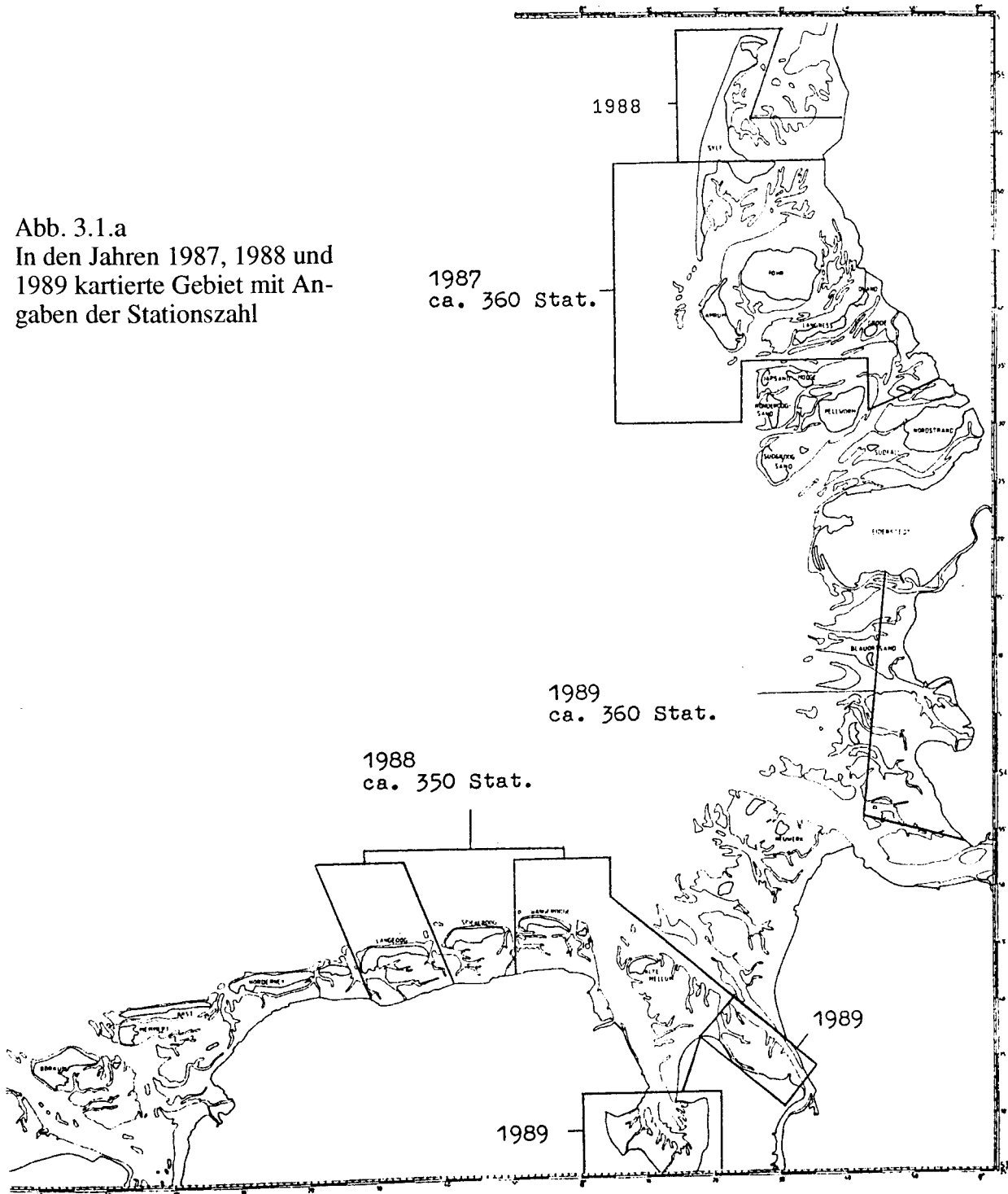
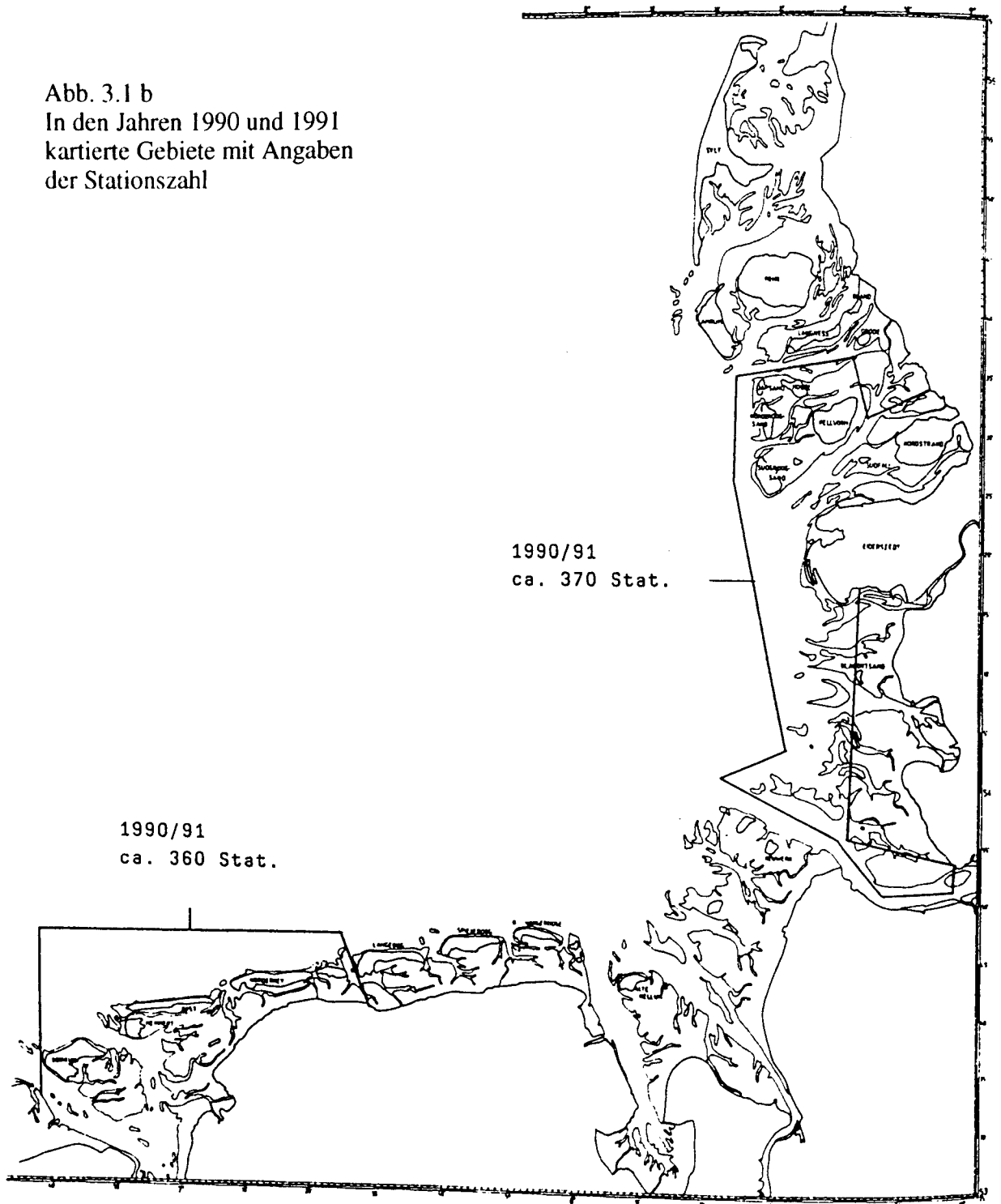


Abb. 3.1 b  
 In den Jahren 1990 und 1991  
 kartierte Gebiete mit Angaben  
 der Stationszahl



## 4 VORSTELLUNG DER EINZELNEN SEKTIONEN

### 4.1 Abiotische Parameter

#### 4.1.1 Scherfestigkeitsuntersuchung (Befahrbarkeit)

An nahezu allen Untersuchungsstationen wurde die Scherfestigkeit des Sediments als Kennwert für die Befahrbarkeit durch Ölräumfahrzeuge gemessen. Ausnahmen bildeten Sedimente, die eine derartige Messung nicht gestatteten, wie z.B. Schillhorizonte, Schillbedeckungen oder Miesmuschelbänke. Die Scherfestigkeit des Wattbodens wurde mit einer Geonor-Handflügelsonde in 15 cm und 30 cm Tiefe bestimmt. Je nach Sedimentart wurden mit kleinem Flügel (Durchmesser 25 mm; Höhe 40 mm), mittlerem Flügel (Durchmesser 25 mm; Höhe 40 mm) oder großem Flügel (Durchmesser 30 mm; Höhe 60 mm) in beiden Tiefen vier bis sechs Einzelbestimmungen ausgeführt und daraus Mittelwerte berechnet. Die so ermittelte Scherfestigkeit wird nach Umrechnung als Anfangsfestigkeit ( $c_u$ ) in Kilonewton pro  $\text{cm}^2$  ( $\text{kN/m}^2$ ) angegeben. Die Scherfestigkeit gibt in Verbindung mit Sedimentkennwerten (Korngrößenzusammensetzung, Wassergehalt, Glühverlust) ausreichende Hinweise auf die Befahrbarkeit durch herkömmliche Baufahrzeuge. Die Bewertungen zur Befahrbarkeit der Watten richteten sich hierbei nach den Erkenntnissen aus Einsatzprüfungen von Baugeräten im Watt bei Tossens (WASSERWIRTSCHAFTSAMT BRAKE, 1981). Beim Test eines neuen Ölräumfahrzeuges in Wattengebieten an der Osterems wurden ebenfalls Festigkeitsuntersuchungen, u.a. auch mit einer Handflügelsonde, ausgeführt (RAGUTZKI, 1986). Die Beurteilung der Scherfestigkeit erfolgt über die Anfangsfestigkeit, die sich in wasserhaltigen Schlicksedimenten aus Kohäsionseigenschaften, in Misch- und Sandsedimenten aus Reibungsverhalten und Gefügewiderstand der Sedimentbestandteile ergibt.

Nach den Ergebnissen der Versuche bei Tossens können Kettenfahrzeuge im Watt eingesetzt werden, wenn die mittleren Anfangsfestigkeiten in 15 cm Tiefe über  $15 \text{ kN/m}^2$  und in 20 bis 50 cm Tiefe um oder über  $20 \text{ kN/m}^2$  liegen. Nach diesen Grenzwerten wurde beispielhaft für die Wurster Küste eine Befahrbarkeitskarte (Abb. 4.1.1) nach folgender Bewertung erstellt:

Unbefahrbar, wenn  $c_u(15 \text{ cm}) \leq 15 \text{ kN/m}^2$  und  $c_u(30 \text{ cm}) < 20 \text{ kN/m}^2$ .

Eingeschränkt befahrbar, wenn  $c_u(15 \text{ cm}) \leq 15 \text{ kN/m}^2$  und  $c_u(30 \text{ cm}) > 20 \text{ kN/m}^2$

oder wenn Messungen nicht oder nur in einer Sedimenttiefe ausgeführt werden konnten, andere Bodenwerte aber auf Befahrbarkeit hindeuten.

Befahrbar, wenn  $c_u(15 \text{ cm}) > 15 \text{ kN/m}^2$  und  $c_u(30 \text{ cm}) > 20 \text{ kN/m}^2$ .

Eine Befahrbarkeit ist nach RAGUTZKI (1986) in Sand- und Mischböden im allgemeinen durchweg gewährleistet, während in Schlickwatten und auch in Vorlandbereichen die Befahrbarkeit im Regelfall auszuschließen ist. Die Ausnahme bilden Schlickwatten, unter denen festgelagerte Misch- und Sandsedimente vorhanden sind. RAGUTZKI (1982): "Grundsätzlich kennzeichnend für Schlicksedimente sind bei Tiefen um oder über 15 cm Scherfestigkeitswerte unter  $10 \text{ kN/m}^2$ , ermittelt insbesondere auch aus Baugrundaufschlüssen in Wattgebieten. Dabei handelt es sich um die Anfangsfestigkeit, gültig für statische Belastungen. Bei dynamischer Belastung, insbesondere bei stehendem Fahrzeug mit laufen-



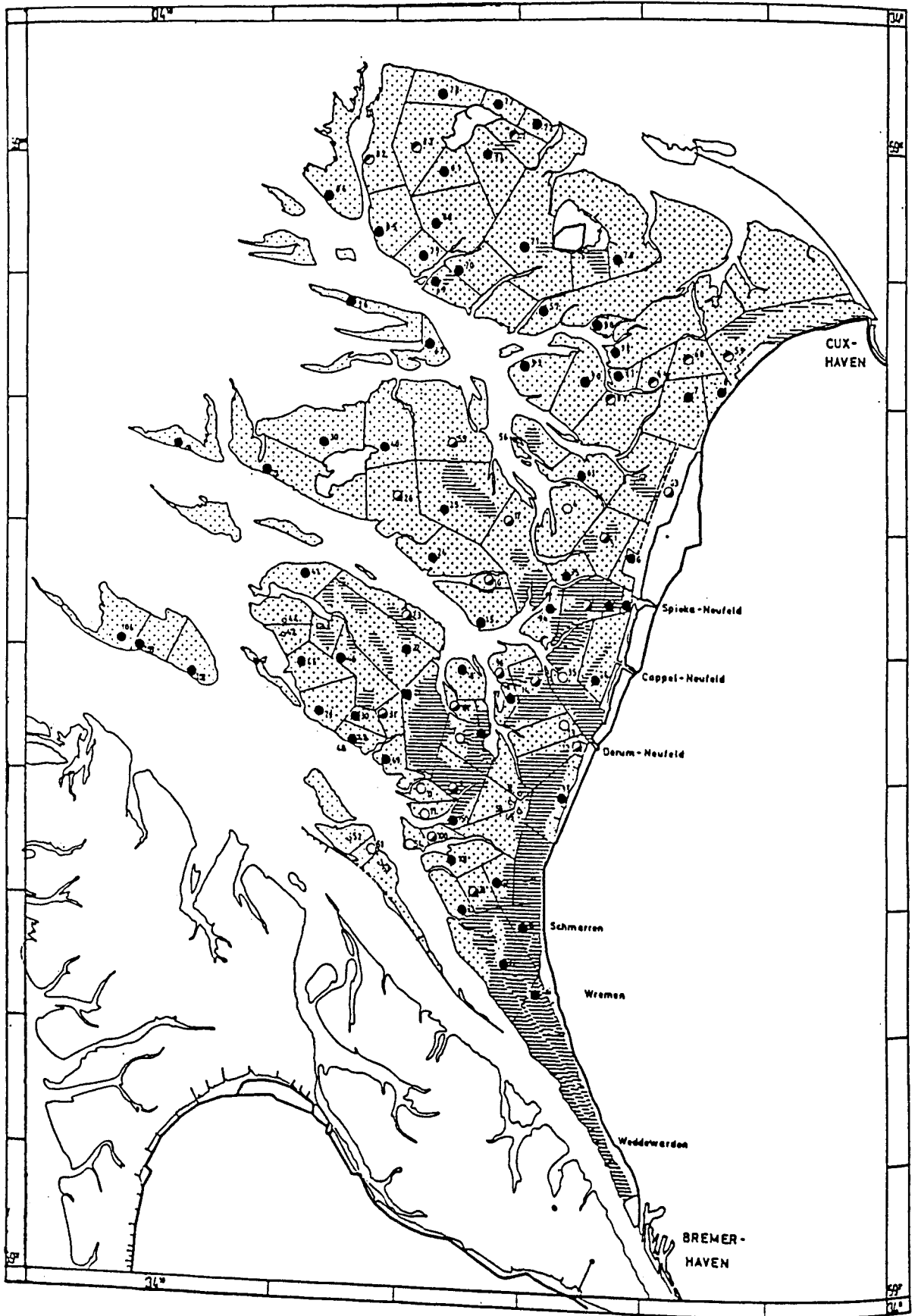


Abb. 4.1.1 Befahrbarkeit im Wurster Watt

- unbefahrbar
- ◐ eingeschränkt befahrbar
- befahrbar

dem Moter oder bei mehrmaligem überfahren, kann eine Verbreitung des Schlicks und dadurch eine erhebliche Abminderung der Festigkeitseigenschaften eintreten". In Schlickböden muß also auch bei festem Untergrund ( $c_u > 20 \text{ kN/m}^2$ ) in jedem Fall mit stark vermindeter Befahrbarkeit gerechnet werden.

#### 4.1.2 Korngrößenanalysen, Wassergehalts- und Glühverlustbestimmungen

Bodenproben zur Bestimmung der Korngrößen wurden an allen Netz- und Intensivstationen genommen. Es handelt sich um gestörte Mischproben des Oberflächensediments bis 15 cm Tiefe. Nach Bestimmung des Wassergehalts durch Trocknung bei  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  wurde der Anteil einzelner Korngrößenfraktionen durch Naßsiegung nach DIN 18123 bestimmt.

Bei einem Anteil der Feinkorngrößen  $< 0,06 \text{ mm}$  von mehr als 20 % wurde ergänzend das Schlämmverfahren nach der Aräometermethode angewendet. Die Ergebnisse können als Körnungslinien aufgetragen und zu Körnungsbändern für die unterschiedlichen Sedimentarten zusammengefaßt werden. Als Kennwert für den Gehalt an organischer Substanz im Boden wurde der Glühverlust durch 3 - stündiges Glühen des getrockneten Sediments bei  $800 \text{ }^\circ\text{C}$  bestimmt.

Eine Abgrenzung der Hauptsedimentarten Sand-, Misch- und Schlickwatt nach dem Anteil verschiedener Korngrößenfraktionen erweist sich als schwierig, da sich die Bandbreiten vor allem in den Feinkornfraktionen  $< 0,06 \text{ mm}$  erheblich überschneiden. Nach RAGUTZKI (1982) ist eine Bewertung nach Korngrößenanteilen und zusätzlichen Sedimentanteilen, sowie nach biologischen Merkmalen sinnvoll. Andere Sedimentklassifizierungen (z.B. FIGGE et al., 1980) stützen sich auf den deutlichsten Sprung in den Korngrößenfraktionen der drei Sedimentarten, der beim Übergang von Schluff - zum Sandkorn ( $0,06 \text{ mm}$ ) zu erkennen ist.

Für die vorliegende Untersuchung wurde die Einteilung nach dem Anteil der Korngrößenfraktion  $> 0,06 \text{ mm}$  und dem Wassergehalt im Sediment vorgenommen, der Glühverlust wurde nur am Rande berücksichtigt.

Korngrößenfraktion  $> 0,06 \text{ mm} < 65\%$  und  $\text{H}_2\text{O}$ -Gehalt = 55 %: Schlickwatt  
 Korngrößenfraktion  $> 0,06 \text{ mm} = 65\%$  und  $\text{H}_2\text{O}$ -Gehalt 30- 70%: Mischwatt  
 Korngrößenfraktion  $> 0,06 \text{ mm} = 85\%$  und  $\text{H}_2\text{O}$ -Gehalt  $< 70 \%$ : Sandwatt

Helle und dunkle Sandwatten wurden nicht nach Ergebnissen der Sedimentanalysen sondern nach Sedimentansprachen an den Untersuchungsstationen z.T. in Verbindung mit Luftbildauswertungen unterschieden.

## 4.2 Makrobenthos

### 4.2.1 Stellung im Gesamtsystem

Mit abnehmender Meerestiefe nehmen Biomasse und Produktivität der benthischen Fauna auf Kosten des pelagischen Nahrungsnetzes zu. Im äußerst flachen Wattenmeer übersteigt die Produktivität der Benthosorganismen, -rund  $28 \text{ g aschefreies Trockengewicht}/(\text{m}^2 \cdot \text{Jahr})$  (BEUKEMA, 1981)-, die des pelagischen Systems. Eine hohe Produktivität bedeutet eine ideale Nahrungsgrundlage für die hier reichhaltige Fisch- und Vogelfauna. Die größtenteils endobenthische Makrofauna setzt sich überwiegend aus Mollusken (Schnecken und Muscheln), Anneliden (Ringelwürmer) und Arthropoden (Krebstiere und Asseln) zusammen.

men. Als Makrofauna bezeichnet man alle Wirbellosen, die bei Siebung über Netze mit 0,5 - 1 mm Maschenweite erfaßt werden.

Die Abgrenzung zu den kleineren Meiofaunaarten ist nicht ganz klar, da z.B. viele Jungformen der Makrofauna auch zur Meiofauna zählen. Insgesamt sind etwa 300 bodenlebende Wirbellosenarten des Wattenmeeres bekannt, die zum Großteil auch in den Sublitoralgesellschaften der Nordsee zu finden sind. Die Verteilung der Arten richtet sich in erster Linie nach der Überflutungshäufigkeit und -dauer sowie der Stömungs- und Seegangsexposition in den unterschiedlichen Bereichen des Wattenmeeres. Die Tiere nehmen als Verbindungsglieder zwischen Primärproduktion und Endgliedern der Nahrungskette eine wichtige Stellung ein. Die Primärproduktion wird im Wattenmeer hauptsächlich von einzelligen Benthosalgen übernommen, die Fischen oder Vögeln nur in Ausnahmefällen (Meeräsche, Brandgans) direkt als Nahrung dienen. Die meisten Arten der Makrofauna nehmen die von den Algen produzierte Energie als Konsumenten 1. oder 2. Ordnung auf. Die Nahrungsaufnahme erfolgt hauptsächlich als Filtrierer (z.B. *Cerastoderma edule*), Substratfresser (viele Polychaeten), Pipettierer (z.B. *Macoma balthica*) oder Angler (z.B. *Lanice conchilega*). Filtrierer und Substratfresser nehmen mit 55 und 40% Anteil an der Gesamtbiomasse die Hauptstellung der Nahrungstypen ein. Etwa zwei Drittel der Biomasse wird allein durch Muscheln und ein Drittel von Polychaeten gestellt (BEUKEMA, 1981). Etwa 90% der im Wattenmeer vorkommenden Vögel und nahezu alle Fischarten nutzen die Benthosorganismen als Nahrungsquelle, so daß oft bereits nach zwei bis drei trophischen Stufen die Endglieder der Nahrungskette erreicht sind.

Starke Populationsrückgänge in den Makrofaunacoenosen, die natürlicherweise lokal begrenzt durch Wegfraß oder extreme Umwelteinflüsse (Eisgang im Winter etc.) vorkommen, werden durch hohe Reproduktionsraten und geeignete Ausbreitungsstrategien im Allgemeinen schnell ausgeglichen. Durch Ölverschmutzung verursachte großflächige Populationsschäden können aber - von Art zu Art unterschiedlich- nur sehr langsam durch Wiederbesiedlung behoben werden. Durch den Wegfall der Makrofauna als wichtiger Komponente im Nahrungsnetz wäre das gesamte System gefährdet.

#### 4.2.2 Vergleich bestehender Kartierungen

Bestandsaufnahmen von Sediment- und Besiedlungsverhältnissen im Wattenmeer als "Einstieg" in die Strukturanalyse des Lebensraumes wurden schon seit den 30er Jahren durchgeführt (z.B. WOHLBERG, 1937; LINKE, 1939).

Im niedersächsischen Wattenmeer wurden Untersuchungen solcher Art später meist im Zusammenhang mit Küstenschutzmaßnahmen fortgeführt (z.B. MÜLLER, 1958, 1962). Mit zunehmender Industrialisierung der Küstenregion wurde die Notwendigkeit von Benthoskartierungen als Bewertungsgrundlage für Schadstoffauswirkungen erkannt (LUCK & MICHAELIS, 1976).

Seit Beginn der Bestandsaufnahmen haben sich die Methoden der Erfassung ebenso wie die taxonomischen Kenntnisse über die einzelnen Organismen immer weiter entwickelt. So liegen heute Ergebnisse über Arten und Zusammensetzung von Coenosen in den unterschiedlichsten Formen vor. Sie reichen von Verbreitungsangaben für einige Leitformen mit geschätzten Dichteangaben bis zu den Darstellungen der vollständigen Artenspektren mit gemessenen Populationsdichten und Biomassen. An der niedersächsischen Küste begann MICHAELIS (1969) frühzeitig mit detaillierten Kartierungen der Lebensgemeinschaften der

unterschiedlichen Habitats im Watt. Neben biologischen Parametern wurden auch bodenphysikalische, bodenchemische und hydrographische Meßdaten gesammelt, um ökosystemare Zusammenhänge zu erkennen.

In den 70er Jahren untersuchte OHDE (1981) die Siedlungsmuster der Makrofauna im Neuerwerker Watt (Elbemündung) und stellte vielfältige Faktoren- und Korrelationsanalysen mit Abundanzen ausgewählter Arten und abiotischen Parametern der Lebensräume an. Die Ergebnisse lieferten maßgebliche Erkenntnisse über die Zusammenhänge der Besiedlungszonen mit hydrographischen Gegebenheiten und inter- und intraspezifischen Verhaltensweisen der einzelnen Organismen. Etwa im gleichen Zeitraum kartierten MEYER & MICHAELIS (1980) Teilbereiche der Jademündungswatten und versuchten, die Lebensgemeinschaften mit Hilfe von Clusteranalysen zu klassifizieren. Die Clustergruppen erwiesen sich als kaum interpretierbar, und die Autoren nahmen eine Untergliederung des Gesamtgebietes in unterschiedliche Biotope vor, die auf sedimentologischen und anderen physiographischen Merkmalen der Teilgebiete beruht. Insgesamt wurden hier 17 Biotope mit jeweils spezifischer Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften unterschieden. Die Untersuchung beinhaltet auch Biomassebestimmungen, die allerdings noch in Frischgewicht angegeben wurden. In Anlehnung an die Methoden dieser Untersuchung wurden die Wattkartierungen in vielen Teilbereichen des niedersächsischen Wattenmeeres fortgesetzt (z.B. OBERT, 1982; MICHAELIS, 1987), nur daß die Biomassebestimmungen fortan in aschefreiem Trockengewicht angegeben wurden.

#### 4.2.3 Auswirkungen von Öl auf das Makrobenthos

Im Gegensatz zu katastrophalen Populationseinbrüchen nach Naturereignissen, die von den dominanten Bodentierarten des Wattenmeeres meist sehr schnell ausgeglichen werden, sind nach Ölunfällen die Wiederbesiedlungsmechanismen vieler Arten nicht wirksam. Die Gründe dafür liegen vor allem in der Toxizität von Öl, der anhaltenden Belastung aufgrund der Persistenz von Öl in den Sedimenten und einer nach großen Unfällen weiträumigen Beeinträchtigung, von der auch das Sublitoral als möglicher Ausgangspunkt einer Neubesiedlung nicht verschont bleibt (HEIBER, 1985).

Über die Auswirkungen von Ölkontamination auf marine Invertebraten liegen zahlreiche Untersuchungsergebnisse vor, die entweder nach Tankerunfällen oder aufgrund künstlicher Verölungsversuche erhalten wurden. Literaturrevisionen finden sich z.B. bei JOHNSON (1977), PERCY (1982), TEAL & HOWARD (1984) und GREIFF & HARTWIG (1985).

Eine Übersicht über Veränderungen der Abundanzdynamik des Makrozoobenthos im Wattenmeer gibt HEIBER (1985): Für einige häufige Organismen wurde nach Literaturdaten eine Empfindlichkeitsabstufung vorgenommen, die auf Änderungen der Siedlungsdichte nach Ölverschmutzungen beruht. Besonders empfindlich reagieren danach alle Amphipoden (Flohkrebse) und die Muscheln *Cerastoderma edule* und *Macoma balthica*; aber auch die meisten anderen Arten reagieren mit deutlichen Abundanzänderungen.

Ähnliche Ergebnisse ergaben Testverölungen von Wattflächen bei Wilhelmshaven: Einmaliges Auftragen von Rohöl (Arabian Light) führte vor allem bei dem Amphipoden *Corophium volutator* zur Abnahme der Populationsdichte. Bei Verwendung von chemisch dispergiertem Öl (Dispergator: Finasol OSR-5) verstärkte sich die Wirkung und auch andere Makrofaunaarten zeigten erhebliche Dichterückgänge (DÖRJES, 1982). Rohölkontamina-

tion führt also zu direkten und nachhaltigen Bestandsschäden bei Krebstieren (Amphipoden) und Öl /Dispergatorgemische haben eine besondere und schnelle Schädigung auf wichtige Elemente der Makrofauna.

Über die Wirkungsmechanismen von Öl auf Anneliden (Ringelwürmer) findet sich bei GREIFF & HARTWIG (1985) eine Auswahl von wichtigen Erkenntnissen aus der Literatur: Die Toxizität einzelner Öle und Ölprodukte ist sehr unterschiedlich. Ebenso variiert die Empfindlichkeit der einzelnen Arten. Die Wirkung der aufgenommenen Giftstoffe selbst ist auf die Störung von subzellulären, zellulären und physiologischen Prozessen zurückzuführen. Die Aufnahme erfolgt sowohl durch den Verdauungskanal als auch über die Körperoberfläche und Atmungsorgane. Eine Bedeckung des Körpers und der Körperanhänge mit Öl ist oft tödlich, sei es durch Erstickung oder durch die Unfähigkeit der Nahrungsaufnahme. Als maßgeblich verantwortlich für die Giftwirkung eines Öls gilt die Quantität und Qualität seiner wasserlöslichen Aromaten, wie Naphtaline, Phenantrene und Phenole. Raffinerieprodukte, wie z.B. leichte und schwere Heizöle, haben sich als erheblich giftiger als die meisten Rohöle erwiesen. Für die verstärkte Schädigung von chemisch dispergiertem Öl führen die Autoren Ergebnisse von Laborversuchen mit Oligochaeten (kleine Ringelwürmer) an: Während Rohöl der Sorte "Arabian Light" bei einer Konzentration von 1000ppm bei 18°C und einer Versuchsdauer von 14 Tagen den Tod von 4% der Versuchstiere bewirkte, steigerte sich die Mortalität unter gleichen Bedingungen signifikant nach Zugabe von 100ppm "Corexit" auf etwa 30%, bei 1000ppm auf etwa 50% der Versuchstiere. Bei niedrigen Konzentrationen scheint diese "Verstärkerwirkung" von Dispergatoren nicht einzutreten. FARKE et al. (1985) setzten bei Feldversuchen mit dem "Bremerhavener Caisson" Makrofaunagesellschaften über mehrere Tiden Konzentrationen von 2 ppm "Arabian Light" und 4 ppm "Arabian Light/ Finasol OSR 5" aus. Als eine subletale Wirkung wurden durch die Ölbelastung Depressionen der Fressaktivität bei *Arenicola marina* (Pierwurm) und den filtrierenden Organismen *Mya arenaria* und *Cerastoderma edule* (Muscheln) festgestellt. Bei Verwendung von dispergiertem Öl wurde die Wirkung sogar etwas abgeschwächt. Eine eingeschränkte Nahrungsaufnahme bei Arenicoliden unter Ölstress beobachteten auch PROUSE & GORDON (1976), LEVELL (1976) und AUGENFELD (1980). LEVELL testete die Auswirkungen von jeweils 0,2 l/m<sup>2</sup> Kuwait Rohöl, dem Dispergator BP 1100X und 1:1 sowie 5:1 Öl/Dispergator-Gemischen auch auf die Populationsdichte von *Arenicola marina*: Einmalige Verunreinigungen bewirkte bei allen Substanzen einen Rückgang um 25 bis 50% der ursprünglichen Population. Eine verstärkende Schädigung des Dispergators geht aus den Ergebnissen nicht hervor. Vier wiederholte Verunreinigungen mit Rohöl im Abstand von zwei Monaten hatten die Ausrottung einer gesamten Testpopulation zur Folge.

GREIFF & HARTWIG (1985) räumen *Arenicola* als Substratfresser eine wichtige Rolle beim Abbau von sedimentiertem Öl ein, soweit die Konzentrationen in tolerierbaren Grenzen liegen. Es wurde nachgewiesen, daß ein Teil der Aromaten ölhaltiger Sedimente über die Verdauungsorgane aufgenommen wurde.

Weitere subletale Wirkungen von Ölbelastungen sind Steigerungen der Respirationsrate, Beeinträchtigungen von Fortpflanzung, Entwicklung und Wachstum sowie allgemeine Nervenschädigung. HARGRAVE & NEWCOMBE (1973) wiesen bei *Littorina littorea* (Strandschnecke) einen Anstieg der Atmungsaktivität schon bei schwachen Konzentrationen von 800ppb Heizöl nach. Dieselbe Reaktion wurde auch bei *Mya arenaria* (Sandklaffmuschel) nach Hälterung in Seewasser mit bis zu 100 ppm Heizöl festgestellt. Ebenfalls bei *Mya* wurden Wachstumshemmungen nach einem Ölunfall in Maine, USA, gefunden. (GILFILLAN et al.,

1976). GREIFF & HARTWIG (1985) belegen an einigen Beispielen die Herabsetzung der Fruchtbarkeitsrate und Wachstumshemmungen durch Öl bei Anneliden.

Zusammenfassend warnen die Autoren vor dem Effekt, daß auch subletale Konzentrationen die Populationen benthischer Anneliden durch Schwächung des Reproduktionsvermögens über kurz oder lang bis zur Ausrottung bedrohen können. Narkoseeffekte beobachteten z.B. schon CHIPMANN & GALTSHOFF (1949) an Seepocken (*Balanus balanoides*), die in mit 2% Rohöl verunreinigtem Seewasser gehältert wurden: der Cirrenschlag der Tiere verlangsamte sich nach sechs Stunden und wurde nach 30 Stunden bei geöffnetem Deckel ganz eingestellt.

Ölverunreinigungen führen somit fast in jedem Fall zu subletalen oder letalen Schädigungen bei den meisten Organismen der benthischen Makrofauna, vor allem beim Einsatz von chemischen Dispergatoren.

#### 4.2.4 Methodik der Kartierung

##### 4.2.4.1 Aufnahmetechnik im Gelände

Die Bestandsaufnahme der Benthoscoenosen gliedert sich in die qualitative, beschreibende Erfassung von Lebensspuren im Watt und in die semi- und ganzquantitative Ermittlung anhand von Siebproben. Die an der Wurster Küste und im Spiekerooger Rückseitenwatt verwendete Habitatbeschreibung wurde verfeinert (BERNEM van et al., 1989). Sie enthält neben den sedimentologischen, morphologischen und botanischen Gegebenheiten Vorkommen und Dichte für *Arenicola marina* (Kothaufenzählung), *Mya arenaria* (Siphonöffnungen), *Cerastoderma edule* (Stichprobe) und *Mytilus edulis* nach folgender Klassifizierung (0,1,2,...):

<i>Arenicola marina</i> :	n.v.	(nicht vorhanden); <1; 1-10; 11-50; >50; >>50 (Ind./m <sup>2</sup> )
<i>Lanice conchilega</i> :	n.v./v.	(nicht vorhanden/vorhanden)
<i>Mya arenaria</i> :	n.v./v.;	dichte Population juveniler oder adulter Tiere
<i>Cerastoderma ed.</i> :	n.v./v.;	dichte Population juveniler oder adulter Tiere
<i>Mytilus edulis</i> :	n.v./v.;	vereinzelte Klumpen; vereinzelte kleine Bänke; zusammenhängende Bank; überwiegend juvenile Tiere (1), überwiegend adulte Tiere (2), juvenil/adult +-gleich(3); Anteil leerer Schalen (%)

Zur Bestimmung von Art und Zusammensetzung von Leitformen der insgesamt an einem Ort vergesellschafteten Makrofaunaorganismen wurden an allen Untersuchungsstationen Stechzylinderproben von 177 cm<sup>2</sup> Grundfläche bis 30 cm Tiefe entnommen. Kamen dicht unter der Sedimentoberfläche sehr starke Schillhorizonte vor, wurde nur bis zu dieser Tiefe beprobt..

Bei sehr dichter Besiedlung durch Kleinformen (z.B. Muschelbrut) wurden zusätzlich Stechzylinder mit 38 cm<sup>2</sup> Grundfläche verwendet. Die im Siebrückstand befindlichen Tiere wurden zum Teil lebend (1987), zum Teil in 4-8%iger Formaldehyd-/Seewassermischung (1988-91) zur Weiterbearbeitung im Labor aufbewahrt.

## 4.2.4.2 Auswertung des Probenmaterials

Nach Abschluss der Feldarbeiten wurden die Proben in jedem Untersuchungsjahr im Benthoslabor des NLÖ, Forschungsstelle Küste ( Norderney) und im Institut für angewandte Biologie (Freiburg/Elbe) hinsichtlich Arten, Populationsdichten und Biomassen (nur Intensivstationen) ausgewertet.

Tabelle 4.2.4.2.1 Einteilung der größeren Bivalvier in Klassen in Abhängigkeit von der Schalenlänge (mm):

Klasse	adult	juvenil	Brut
Art			
<i>Mytilus edulis</i>	> 30	10 - 30	< 10
<i>Cerastoderma edule</i>	> 15	05 - 15	< 05
<i>Petricola pholadiformis</i>	> 30	10 - 30	< 10
<i>Scrobicularia plana</i>	> 30	10 - 30	< 10
<i>Macoma balthica</i>	> 13	05 - 13	< 05
<i>Ensis ensis</i>	> 60	20 - 60	< 20
<i>Ensis directus</i>	> 60	20 - 60	< 20

Entsprechend der Zielsetzung, alle Faunadaten für WATiS aufzubereiten, wurde für die Makrofauna ein Artenschlüssel entwickelt, der sich im Aufbau an dem von KAESTNER (aus STRESEMANN, 1983) erstellten zoologischen System orientiert. Er berücksichtigt alle bisher im Wattenmeer von Holland bis Dänemark angetroffenen Arten (WOLFF & DANKERS, 1981 und unveröff. Listen der Forschungsstelle Küste, Norderney).

Er besteht aus acht Ziffern, die sich nach folgender Gliederung zusammensetzen:

Stamm	Klasse	Ordng./Familie	Gattg./Art	Alter
00	0	00	00	0

Der Schlüssel ist nur bis zur Stufe von Stamm und Klasse streng systematisch aufgebaut. Die Einteilung wurde wie folgt vorgenommen:

Stamm: 01 - 27

Klasse: Nach Reihenfolge im Stamm

Unterklassen, Ordnungen und Unterordnungen werden übergangen.

Ordnung/Familie: In fortlaufender Reihenfolge von Ordnung oder Familie

Gattung/Art: Nach der Reihenfolge der Arten in der Familie.  
Gattungen werden übergangen. Nur bis zur Gattung bestimmte Tiere werden an die bekannten Arten dieser Gattung angehängt.

Alter (Längenklassen): 0= Keine Angaben, 1= adult, 2= juvenil, 3= infantil (Brut)

Beispiel: *Eupolymnia nebulosa* Nr. 18 1 49 03 0 (18.Stamm Annelida, 1.Klasse Polychaeta, 49.Familie Terebellidae, 03.bisher angetroffene Art in der Familie, keine Altersangabe)

Tabelle 4.2.4.2.2 Liste der insgesamt erfaßten Makrofauna-Arten

Nr.	STAMM	GATTUNG/ART	Nr.	STAMM	GATTUNG/ART
1	Cnidaria	Laomedea dichotoma	62	Annelida	Polydora ciliata
2	Cnidaria	Laomedea gelatinosa	63	Annelida	Polydora spec.
3	Nemertini	Nemertinen	64	Annelida	Spiophanes bombyx
4	Mollusca	Lepidochiton cinereus	65	Annelida	Aonides oxycephala
5	Mollusca	Littorina littorea	66	Annelida	Scolecopsis foliosa
6	Mollusca	Littorina obtusata	67	Annelida	Scolecopsis squamata
7	Mollusca	Littorina saxatilis	68	Annelida	Malacoceros tetracerus
8	Mollusca	Hydrobia c.f. ulvae	69	Annelida	Streblospio shrubsoli
9	Mollusca	Assiminea grayana	70	Annelida	Marenzelleria viridis
10	Mollusca	Retusa obtusa	71	Annelida	Magelona papillicornis
11	Mollusca	Retusa truncatula	72	Annelida	Psammodrillus balanoglossoides
12	Mollusca	Aeolidia papillosa	73	Annelida	Tharyx marioni
13	Mollusca	Mytilus edulis	74	Annelida	Pherusa plumosa
14	Mollusca	Mytilus edulis ad.	75	Annelida	Ophelia rathkei
15	Mollusca	Mytilus edulis juv.	76	Annelida	Travisia forbesi
16	Mollusca	Mytilus edulis inf.	77	Annelida	Capitella capitata
17	Mollusca	Montacuta ferruginosa	78	Annelida	Heteromastus filiformis
18	Mollusca	Montacuta bidentata	79	Annelida	Arenicola marina
19	Mollusca	Cerastoderma edule	80	Annelida	Pectinaria koreni
20	Mollusca	Cerastoderma lamarcki	81	Annelida	Ampharete acutifrons
21	Mollusca	Petricola pholadiformis	82	Annelida	Amphicteis gunneri
22	Mollusca	Scrobicularia plana	83	Annelida	Sosane gracilis
23	Mollusca	Abra alba	84	Annelida	Pista maculata
24	Mollusca	Abra nitida	85	Annelida	Eupolyornia nebulosa
25	Mollusca	Macoma balthica	86	Annelida	Lanice conchilega
26	Mollusca	Angulus fabula	87	Annelida	Manayunkia aestuarina
27	Mollusca	Angulus tenuis	88	Annelida	Paranais litoralis
28	Mollusca	Ensis directus	89	Annelida	Unbest.Enchytraeiden
29	Mollusca	Ensis ensis	90	Annelida	Unbest.Tubificiden
30	Mollusca	Mya arenaria	91	Annelida	Tubifex costatus
31	Mollusca	Mya truncata	92	Annelida	Tubificoides benedeni
32	Echiuroidea	Echiurus echiurus	93	Arthropoda	Gastrosaccus spinifer
33	Annelida	Lepidonotus squamatus	94	Arthropoda	Praunus flexuosus
34	Annelida	Harmothoe imbricata	95	Arthropoda	Mesodopsis slabberi
35	Annelida	Harmothoe impar	96	Arthropoda	Gammarus locusta
36	Annelida	Harmothoe lunulata	97	Arthropoda	Gammarus oceanicus
37	Annelida	Harmothoe sarsi	98	Arthropoda	Gammarus salinus
38	Annelida	Gattyana cirrosa	99	Arthropoda	Gammarus duebeni
39	Annelida	Eteone longa	100	Arthropoda	Gammarus spec.
40	Annelida	Eteone flava	101	Arthropoda	Urothoe grimaldii v.p.
41	Annelida	Anaitides maculata	102	Arthropoda	Bathyporeia pelagica
42	Annelida	Anaitides mucosa	103	Arthropoda	Bathyporeia pilosa
43	Annelida	Anaitides lineata	104	Arthropoda	Bathyporeia sarsi
44	Annelida	Eumida bahusiensis	105	Arthropoda	Haustorius arenarius
45	Annelida	Eulalia viridis	106	Arthropoda	Pontocrates arenarius
46	Annelida	Microphthalmus scelkowi	107	Arthropoda	Microprotopus maculatus
47	Annelida	Autolytus prolifer	108	Arthropoda	Corophium volutator
48	Annelida	Nereis diversicolor	109	Arthropoda	Corophium arenarium
49	Annelida	Nereis succinea	110	Arthropoda	Bodotridia scorpicoides
50	Annelida	Nereis virens	111	Arthropoda	Cumopsis goodsiri
51	Annelida	Laeonereis glauca	112	Arthropoda	Bodotridia spec.
52	Annelida	Nephtys hombergi	113	Arthropoda	Eurydice pulchra
53	Annelida	Nephtys caeca	114	Arthropoda	Idotea balthica
54	Annelida	Nephtys ciliata	115	Arthropoda	Idotea c.f.neglecta
55	Annelida	Nephtys cirrosa	116	Arthropoda	Jaera albifrons
56	Annelida	Glycera rouxi	117	Arthropoda	Crangon crangon
57	Annelida	Scoloplos armiger	118	Arthropoda	Eupagurus bernhardus
58	Annelida	Aricidea jeffreysi	119	Arthropoda	Carcinus maenas
59	Annelida	Paraonis fulgens	120	Echinodermata	Asterias rubens
60	Annelida	Spio filicornis	121	Echinodermata	Amphipholis squamata
61	Annelida	Polydora ligni	122	Chordata	Pomatochistus minutus



Die Bestimmung der Biomasse erfolgte durch Trocknung der Tiere bei 60° C bis zur Gewichtskonstanz (mindestens 48h) und anschließender Veraschung. Dazu wurden die kalten Proben im Muffelofen zunächst 1 Stunde langsam auf 485°C aufgeheizt und 3 Stunden auf dieser Temperatur gehalten. Die Differenz zwischen Trockengewicht und Aschegewicht ergibt das aschefreie Trockengewicht (ATG).

Bei ausreichenden Mengen wurde die Biomasse für einzelne Arten bestimmt, andernfalls wurden mehrere oder alle Arten einer Probe zusammengefaßt. Adulte Bivalvier wurden ohne Schale gewogen.

Alle Biomasseangaben beziehen sich auf formolfixiertes Probenmaterial. Der im Vergleich zu frischen Proben auftretende Gewichtsverlust wurde nach BREY (1986) auf maximal 20% festgelegt und die frisch gewogenen Proben entsprechend umgerechnet.

Die Biomassen der tiefsiedelnden Arten *Arenicola marina* und *Mya arenaria* sind in den Gesamtbiomassen der Untersuchungsstationen nicht berücksichtigt, sofern keine Exemplare in den Stecherproben enthalten waren.

### 4.3 Meiobenthos

#### 4.3.1 Stellung im Gesamtsystem

Zur Meiofauna gehören alle bodenlebenden Tiere, die beim Spülen des Sediments ein 2 mm Sieb passieren und in einem 50 µm Sieb zurückbleiben.

Die Rolle der Meiofauna im Stoffkreislauf des Wattenmeeres betreffend ist die Ansicht verbreitet, daß sie eine trophische Sackgasse darstellt: Sie ernährt sich weitgehend von der Mikroflora, wird ihrerseits aber wenig von Makroorganismen als Nahrungsquelle genutzt. Der Umsatz von organischer Substanz in diesem "small foodweb" (KUIPERS et al., 1981) wird von verschiedenen Faktoren abhängen und von Ort zu Ort verschieden sein. Dies zeigt sich in den teilweise widersprüchlichen Angaben in der Literatur, denen zufolge der Meiofauna für die Metabolisierung organischer Substanz eine untergeordnete bis überragende Bedeutung beigemessen werden kann.

So schätzten z.B. KUIPERS et al.(1981), daß 260 g Kohlenstoff pro m<sup>2</sup> und Jahr vom "small foodweb" umgesetzt wird, was einem Anteil von 70% bis 80% an der gesamten verfügbaren organischen Substanz entsprechen würde.

Zur Meiofauna gehören Arten der unterschiedlichsten Tiergruppen. Im Watt dominieren im allgemeinen Fadenwürmer (Nematoda) und Ruderfußkrebse (Copepoda, Harpacticoida). Beide Taxa bilden ökologisch sehr unterschiedliche Gruppen. Die meisten wattlebenden Harpacticiden haben, im Unterschied zu den Nematoda, eine kurze Generationszeit, eine hohe Reproduktionsrate, und sie sind als hochvagile Epibionthen in der Lage, kurzfristig, im Zuge der tideabhängigen Suspensions- und Sedimentationsprozesse zur Verfügung stehende Nahrungsquellen zu nutzen. Somit erscheint es gerechtfertigt zu sein, sie als ökologisch relativ homogene und gegenüber anderen Taxa gut abgrenzbare Gruppe getrennt zu behandeln.

Harpacticiden besiedeln das Watt während der Sommermonate im allgemeinen mit mehr als 105 Individuen pro m<sup>2</sup>. Das Schwimmvermögen der Larven ist weniger gut ausgebildet als das der Adulten, so daß der gesamte Entwicklungszyklus relativ eng an das Sediment gebunden ist. Sie ernähren sich von Mikroorganismen wie Kieselalgen und an Detrituspartikeln

haftende Bakterien, wobei eine Spezialisierung auf die eine oder andere Nahrungsquelle von Art zu Art unterschiedlich sein kann. Während manche ein weites Nahrungsspektrum nutzen, führt die Spezialisierung bei anderen bis hin zur Bevorzugung bestimmter Bakterienstämme. Auch die Aufnahme gelöster und partikulärer organischer Substanz ist nachgewiesen.

Alles in allem stellen die Harpacticiden also eine ökologisch recht vielseitige Gruppe dar, was ihre Eignung als Indikatoren für Wattgebiete unterschiedlicher Sensitivität unterstreicht. Erschwerend auf die Bearbeitung dieser Gruppe wirkt sich allerdings der Umstand aus, daß die Artenzusammensetzung und vor allem die Dominanzverhältnisse z.T. starken, saisonalen Schwankungen unterworfen sind. Eine flächendeckende Kartierung, bei der jede Station ja nur einmal beprobt wird, zieht sich zwangsläufig über mehrere Monate hin, so daß eine Vergleichbarkeit der Proben und somit der Stationen nicht immer gegeben ist. Um dennoch zu akzeptablen Ergebnissen zu kommen, wurden in verschiedenen Watt-Typen markierte Stationen eingerichtet und in monatlichen Abständen beprobt. Auf diese Weise gelang es, die Abundanzdynamik der häufigsten Arten zu ermitteln und die an den Kartierstationen gefundenen Abundanzen durch Einführung von Korrekturfaktoren zu relativieren.

#### 4.3.2 Einfluß von Erdöl-Kohlenwasserstoffen

Von den Harpacticoida ist bekannt, daß sie nach Ölunfällen stark zurückgehen bzw. völlig verschwinden (RÜTZLER & STERRER, 1970; WORMALD, 1976; GIÉRE, 1979; LINDEN et al., 1979; BONSDORFF, 1981; ELMGREN et al., 1983), aber auch nach relativ kurzer Zeit wieder in normaler Zahl vertreten sein können (ELMGREN et al., 1980, 1983). Zeitangaben über die Rückbesiedlung nach schweren Verölungen schwanken zwischen 6 und 12 Monaten (WORMALD, 1976; GIÉRE, 1979; BOUCHER, 1980; FRICKE et al., 1981). Freiland- (SACH, 1984) und Laborexperimente (BARNETT & KONTOGIANNIS, 1975; DALLA VENEZIA & FOSSATA, 1977; SPOONER & CORKETT, 1979; SACH, 1984) ergaben, daß die Sensitivität einzelner Arten unterschiedlich sein kann. Darüber hinaus zeigte sich bei zwei näher untersuchten Arten, daß die Jugendstadien, Nauplien und Copepodite, empfindlicher reagierten als die Adulten (SACH, 1984).

#### 4.3.3 Methodik der Kartierung

##### 4.3.3.1 Aufnahmetechnik im Gelände

Die Probennahme im Rahmen der Kartierung erfolgte synchron mit der Makrobenthos-Untersuchung (Einzelheiten s. Kap. 4.2.4.1). Darüber hinaus wurden von September 1989 bis Dezember 1991 an 3 Feststationen nahe Büsum in monatlichen Abständen Proben entnommen. Der Probenumfang pro Station betrug 25 cm<sup>2</sup> (5 Stechröhre a 5 cm<sup>2</sup> Querschnitt, zufällig über 1 m<sup>2</sup> verteilt, Kerntiefe ca. 2 cm). Die 5 Unterproben wurden in 1 Gefäß gebracht und unmittelbar nach der Entnahme mit 8% Formalin fixiert.

##### 4.3.3.2 Auswertung des Probenmaterials

Im Labor erfolgte die Bearbeitung der Proben durch Elutriieren (UHLIG et al., 1973) und Aussortieren der Copepoden aus den Siebrückständen (Maschenweite 63 µm) bei 25facher Vergrößerung unter dem Binokular.

Tab. 4.3.3.2 Liste der insgesamt erfaßten Copepoden-Arten.

An den insgesamt 334 bearbeiteten Stationen wurden 59 Harpacticiden-Arten gefunden. 32 davon waren aber so selten, ihre Frequenzen oder Dominanzen lagen stets bei <1%, daß über sie keine näheren Angaben gemacht werden können. Betroffen sind davon u.a. die interstitiellen Arten, deren Habitate nur an 3 Stationen repräsentiert waren.

Die höchsten Artenzahlen fanden sich mit je 22 im Mischwatt mittlerer Höhenlage sowie im niedrig gelegenen Phytal mit weniger als 40% Flächendeckung von Grünalgen. Die geringsten Artendichten (Indiv.pro m<sup>2</sup>) wiesen einerseits die strömungs- und brandungsexponierten Sandwatten wie Großrippel (13), Brandungswälle (5) und Rinnenränder (14) und andererseits hochgelegene Schlickwatten (14) und Mytilus-Bänke (12) auf.

Etwas anders verhielt es sich mit den mittleren Individuenzahlen (pro 25 cm<sup>2</sup>). Hier lagen geschützte Sandwatten niedriger (960) und mittlerer (940) Höhenlage sowie Mischwatten nahe der Niedrigwasser-Linie mit <20% Schluff (914) an der Spitze. Der Höchstwert von 4,4 \* 10<sup>6</sup> Individuen pro m<sup>2</sup> fand sich allerdings im Mischwatt mittlerer Höhenlage. Die niedrigsten Zahlen wiesen Schillbänke (509) und Brandungswälle (646) auf.

Die absolut häufigste Art war *Harpacticus flexus*. Sie war an 259 Stationen mit Spitzenwerten sowohl im sandigen als auch im Mischwattbereich (regelmäßig >10<sup>6</sup> Individuen pro m<sup>2</sup>) vertreten. Die maximale Abundanz dieser Art betrug 3,44 \* 10<sup>6</sup> Individuen pro m<sup>2</sup>.

#### 4.4 Mikrophytobenthos

##### 4.4.1 Stellung im Gesamtsystem

Kieselalgen, auch Diatomeen oder Bacillariophyceen genannt, stellen im Litoral und in der euphotischen Zone des Sublitorals einen Teil der autotrophen Komponente des Ökosystems

Nr.	Art
1	Longipedia helgolandica
2	Longipedia minor
3	Longipedia coronata
4	Scutellidium hippolytes
5	Parathalestris intermedia
6	Canuella perplexa
7	Canuella furcigera
8	Cervinia spec.
9	Halectinossoma curticorne
10	H.herdmani
11	H.gothiceps
12	H.elongatum
13	Ectinosoma melaniceps
14	E.reductum
15	Halectinossoma sp. (Tafel 100a-d)
16	H.43
17	H.38
18	Pseudobradya beduina
19	Pseudobradya minor
20	Arenosetella germanica
21	Hastigerella tenuissima
22	Euterpina acutifrons
23	Tachidius discipes
24	Microarthridion littorale
25	Microarthridion fallax
26	Thompsonula hyaenae
27	Harpacticus flexus
28	H.gracilis
29	Tisbe furcata
30	Stenhelia palustris
31	Robertgurneya dictydiophora
32	Amphiascoides debilis
33	Pramphiascopsis longirostris
34	Ameira parvula
35	Ameira listensis
36	Nitocra typica
37	Kliopsyllus paraholsaticus
38	Intermedopsyllus intermedius
39	Mesochra pygmaea
40	Mesochra lilljeborgi
41	Evansula pygmaea
42	Paraleptastacus spinicauda
43	P.holsaticus
44	Arenopontia subterranea
45	Enhydrosoma propinquum
46	E.curvirostre
47	E.buchholtzi
48	E.gariense
49	Rhizotrix minuta
50	R.gracilis
51	Tryphoema bocqueti
52	Nannopus palustris
53	Huntemannia jadensis
54	Heterolaphonte minuta
55	Paronychocamptus curticaudatus
56	P.nanus
57	Asellopsis intermedia
58	Platyhelipus littoralis
59	Harpacticus obscurus

dar. Auf den Watten der Deutschen Nordseeküste sind sie die wichtigsten autotrophen Organismen. Nach ihnen kommen bezüglich der Abundanz die Blaugrünalgen oder Cyanobakterien. Makrophyten spielen von der Flächendeckung und der saisonalen Aktivität eine geringere Rolle im Produktionsgeschehen. Allerdings sind auch die Makrophyten (Seegräser und Makroalgen) wichtiges Aufwuchssubstrat einer speziellen Mikroalgen-Gesellschaft.

Als Einzeller haben sich besonders die Kieselalgen durch eine Vielfalt hinsichtlich Zellgestalt und Strukturen, die sich auch im Hartteil der Zelle, dem Kieselskelett, manifestiert, allen möglichen Umweltbedingungen angepaßt. Es gibt Zellen mit Bewegungsvorrichtungen, die sich auch unter starken Sedimentationsgeschehen behaupten können, andere mit Anheftungsstrukturen, die fest an Sandkörnern, Pflanzen und Tieren wachsen. Zellen mit Schwebevorrichtungen sind an das Leben im freien Wasser angepaßt. Selbst Koloniebildung wird zur Überlebensstrategie herangezogen, so werden Zellverbände zwecks besserer Schwebemöglichkeit im Wasser oder zur besseren Ausnutzung eines Substrates gebildet. Schlauchbildung dient der Lebensweise auf der Wattoberfläche oder auf Hartsubstraten und hat den Vorteil, von vielen kleinen Konsumenten nicht gefressen werden zu können. Auch physiologisch gibt es beim Mikrophytobenthos eine große Anpassungsbreite, die hinsichtlich der Ernährungsweise von autotroph bis heterotroph reicht und eine parasitische Lebensweise einschließt.

Da das Artenspektrum von Mikroalgen eng an den Lebensraum gebunden ist, dient das Auftreten einzelner Arten und die Populationszusammensetzung als Indikator. Im Süßwasserbereich sind hier bereits viele Erkenntnisse bezüglich der Indikatorenfunktion einzelner Arten gesammelt worden, für den marinen Bereich steht dies noch aus. Die Untersuchung der Autökologie einzelner Algen ist schwierig, weil Reinkulturen meist nicht gelingen oder sich nicht lange halten können. Daher spielen Feldbeobachtungen mit Begleituntersuchungen immer eine wichtige Rolle.

Die Kenntnisse zum Mikrophytobenthos der Watten haben in den letzten Jahrzehnten erheblich zugenommen. Waren die ersten Arbeiten mehr beschreibender Art (BROCKMANN, 1935; HUSTEDT, 1939), befassen sich neuere Arbeiten mit der Produktionsbiologie und der quantitativen Erfassung (COLIJN und KOEMAN, 1974; COLIJN und DIJKEMA, 1981; COLIJN, 1983). Dennoch bleibt ein weites Feld der Forschung überlassen, dieses umfaßt die jahreszeitlichen Aspekte, die Feinstruktur der Besiedlung mit funktionalen Beziehungen der Arten untereinander, die Reaktion von Mikroalgen auf Extremfaktoren und die Problematik der Langzeitentwicklungen.

Bezüglich der Reaktion von Mikrophytobenthos auf Schadstoffeintrag sind hinsichtlich bestimmter Ölsorten und Ölbekämpfungsmittel bereits erste Erkenntnisse in Freiland- und Laborversuchen und -beobachtungen gewonnen worden (WONNEBERGER et al., 1980; WONNEBERGER und HÖPNER, 1982; HÖPNER, 1985; BÖLTER und RAMM, 1981; SCHELLBERG, 1984), die auch der weiteren Bearbeitung der Sensitivitätskartierung zugute kommen.

#### 4.4.2 Einfluß von Erdöl-Kohlenwasserstoffen auf Organismen der Mikroflora

Die Kriterien für Sensitivität gegenüber Öl wurden nach den bisherigen Erfahrungen und Beobachtungen bei Ölexperimenten und Ölunfällen aufgestellt. Entscheidungskriterien sind dabei die Morphologie der Mikroalgen, die damit meist korrespondierende Aufwuchsform

und das direkt beobachtete Verhalten bei einer Ölkontamination. Es liegen noch zu wenig Erkenntnisse über die Verbreitung, das jahreszeitliche Auftreten und die Häufigkeit des Auftretens einer Art in der Population vor, um eine richtige Beurteilung für die erfaßten Arten abgeben zu können. Für die bisherigen Ergebnisse müssen daher noch weitere Veränderungen erwartet werden.

Die Empfindlichkeit der Mikroalgenarten gegenüber Öleintrag ist unterschiedlich groß. Bei den Diatomeen zeigten sich in Versuchen besonders die mobilen Arten als anfällig. Durch ihren Bewegungsapparat, die Raphe, die morphologisch einen Schlitz in der Kieselwand darstellt, gibt es eine intensive Kommunikation mit dem Außenmedium. Schadstoffe können hier besonders gut wirksam werden, da sie über das Bewegungsplasma in die Zelle eindringen können.

Sessile Diatomeen, die mit einem Gallertstiel oder -pfropf dem Sediment angeheftet sind, haben eine zellumgebende Gallertschicht, die offensichtlich auch einen guten Schutz gegenüber Schadstoffen wie Öl darstellt.

Neben diesen allgemeinen Beobachtungen wurde in allen o.g. Versuchen ein schneller Bestandszuwachs kleiner Navicula Arten nach dem Öleintrag festgestellt. Dies wird auf das Fortbleiben der Konsumenten, die Möglichkeit der Nutzung organischer Substanzen (heterotrophe Ernährung) und eine kurze Reproduktionszeit zurückgeführt. Die mobile Art *Gyrosigma fasciola* zeigt sich in den Versuchen allerdings als besonders widerstandsfähig. Sie kam auch nach dem Schadstoffeintrag regelmäßig vor, bildete jedoch keine Massenbestände.

#### 4.4.3 Methode

##### 4.4.3.1 Aufnahmetechnik im Gelände

Mit der Probennahme soll die an der betreffenden Station wachsende Mikroflora quantitativ und qualitativ erfaßt werden. Eine Begrenzung der Probenzahl ergibt sich aus der Dichte des allgemeinen Stationsnetzes, so daß auf für statistische Auswertungen erforderliche Parallelproben und auf Proben zur vertikalen Schichtung verzichtet werden mußte.

Die Vegetationsstruktur der Sedimente unterscheidet sich in Abhängigkeit zur Art des Sedimentes und zur klimatischen Situation, wie sie zur Zeit der Probennahme bestand. So sind bei Schlick- und Mischwatten die Mikroalgen an der Sedimentoberfläche konzentriert, bei Feinsand- und Sandwatten auf eine in Abhängigkeit zur Grobheit des Sedimentes und der Intensität der Umlagerungen dicken Schicht verteilt, meist bis mehrere Zentimeter Sedimenttiefe. Ruhige Wetterlagen bewirken eine Konzentration von Diatomeen an der Sedimentoberfläche auch bei gröberen Sedimenten.

Aus diesen Erfahrungen, die einer Untersuchung des Mikrophytobenthos im Jadebusen 1976/77 entstammen, wurde je Station die Sedimentoberfläche getrennt zum Bestand in der Sedimentsäule untersucht. Für die Untersuchung des Bestandes an der Sedimentoberfläche wurden Schabproben genommen, die durch einen Stecher von 4,5 cm Durchmesser begrenzt wurden. Hierbei wurde etwa zwei Millimeter Sedimenttiefe abgetragen. Parallel dazu wurden Sedimentkernproben mit einem Stecher von 0,9 cm Durchmesser entnommen, die meistens einen Zentimeter tief reichten, ansonsten aber die als Oxidationsschicht erkennbare Tiefe erfassen sollten. Die Proben wurden vor Ort in ein 5 mm Schnappdeckelglas überführt und ohne Konservierung der mikroskopischen Auswertung zugeführt.

#### 4.4.3.2 Auswertung des Probenmaterials

Zur mikroskopischen Auswertung wurden die Proben in ein Reagenzglas überführt, auf zwanzig Milliliter mit demineralisiertem Wasser verdünnt und homogenisiert. Eine Unterprobe von fünfzig Mikroliter wurde danach auf einen vorbereiteten Objektträger gegeben und mit einem Deckelglas von 18 x 18 mm<sup>2</sup> abgedeckt.

Die Auszählung der Proben erfolgte mit einem Forschungsmikroskop "Olympus Typ Vanox" bei vierhundertfacher Vergrößerung. Es wurden jeweils fünf Traversen ausgezählt, gleichmäßig über die Fläche des Deckglases verteilt. Die beobachteten Organismen wurden bestimmt, soweit es im Lebendzustand möglich ist.

Bei den Kieselalgen ist die Schalenstruktur, die die Grundlage der Artenbestimmung darstellt, nur bedingt im Lebendzustand erkennbar. Nicht bestimmbare Individuen wurden unter ihrem Gattungsnamen erfaßt und bei erheblichen Größenunterschieden in Größenklassen eingeteilt (groß: über 30 Mikrometer; klein: darunter). Bei der Bearbeitung von Lebendmaterial ist eine Unterscheidung der lebenden Population (Biozönose) von der Tot-Gesellschaft (Tanatozönose) möglich.

Tabelle 4.4.3.2 Liste der insgesamt erfaßten Mikrophytobenthos-Arten

Nr.	Gattung/Art	Nr.	Gattung/Art
1	Amphiprora spec.	64	Opephora martyi
2	Cylindrotheca gracilis	65	Achnanthes brevipes
3	Diploneis crabro	66	Melosira moniliformis
4	Diploneis didyma	67	Grammatophora spec.
5	Gyrosigma fasciola	68	Fragilaria spec.
6	Navicula A	69	Fragilaria striatula
7	Navicula B	70	Rhabdonema spec.
8	Navicula forcipata	71	Rhabdonema minima
9	Navicula pygmaea	72	Gomphonema spec.
10	Nitzschia A	73	Diatoma vulgare
11	Nitzschia B	74	Actinoptychus undulatus
12	Nitzschia closterium	75	Biddulphia aurita
13	Nitzschia spatula	76	Biddulphia mobiliensis
14	Pleurosigma aestuarii	77	Biddulphia rhombus
15	Pinnularia spec.	78	Biddulphia rhombus f. trigona
16	Tropidoneis spec.	79	Coscinodiscus spec.
17	Nitzschia granulata	80	Cyclotella striata
18	Diploneis spec.	81	Cymatosira belgica
19	Nitzschia sigma	82	Plagiogramma staurophorum
20	Gyrosigma spencerii	83	Plagiogramma vanheurckii
21	Pleurosigma angulatum	84	Thalassionema nitzschioides
22	Gyrosigma spec.	85	Thalassiosira spec.
23	Nitzschia navicularis	86	Triceratium alternans
24	Nitzschia panduriformis	87	Biddulphia regia
25	Nitzschia tryblionella	88	Skeletonema costatum
26	Pleurosigma spec.	89	Triceratium favus
27	Pleurosigma strigosum	90	Plagiogramma brockmannii
28	Gyrosigma balticum	91	Asterionella japonica
29	Scoliopleura tumida	92	Aulacodiscus argus
30	Scoliotropis spec.	93	Rhizosolenia spec.
31	Surirella gemma	94	Actinocyclus normanii
32	Campylodiscus echineis	95	Lithodesmium undulatus
33	Navicula spec. (Kette)	96	Chaetoceros spec.
34	Hantzschia spec.	97	Chaetoceros - Spore
35	Bacillaria paradoxa	98	Bellerochea malleus
36	Amphiprora alata	99	Triceratium spec.
37	Nitzschia apiculata	100	Triceratium antediluvianum
38	Surirella ovata	101	Cerataulus smithii
39	Amphipleura pellucida	102	Coscinodiscus excentricus
40	Surirella robusta	103	Cerataulus turgidus
41	Diploneis sigma	104	Auliscus sculptus
42	Cumphylo-discus echineis	105	Actinoptychus splendens
43	Achnanthes hauckiana	106	Biddulphia granulata
44	Amphora A	107	Campylosira cymbelliformis
45	Amphora B	108	Melosira granulata
46	Cocconeis placentula	109	Asterionella karina
47	Dimerogramma minor	110	Ditylum bright wellii
48	Eunotogramma dubium	111	Merismopedia A
49	Licmophora spec.	112	Merismopedia B
50	Melosira sulcata	113	Merismopedia C
51	Melosira westii	114	Oscillatoria amphibia
52	Rhaphoneis surirella	115	Microcystis aeruginosa
53	Striatella delicatula	116	Scenedesmus costatum
54	Synedra tabulata	117	Scenedesmus quadricauda
55	Opephora spec.	118	Microcoleus chthonoplastus
56	Rhaphoneis amphiceros	119	Pediastrum duplex
57	Cocconeis scutellum	120	Aphanothece spec.
58	Cocconeis spec.	121	Oscillatoria spec.
59	Hyalodiscus scoticus	122	Ankistrodesmus falcatus
60	Hyalodiscus spec.	123	Exuviaella marina
61	Rhoicosphenia curcata	124	Pediastrum boryanum
62	Synedra ulna	125	Oscillatoria geminata
63	Achnanthes spec.		

## 4.5 Jungfisch- und Nordseegarnelenbestände

### 4.5.1 Stellung im Gesamtsystem

Im Rahmen der fischereilichen Untersuchungen des Forschungsvorhabens wurde eine qualitative und quantitative Bestandserhebung der Fisch- und Garnelenpopulationen durchgeführt.

Bekannt ist, daß der Übergang der demersalen Spezies zum Bodenleben im Wesentlichen auf den Platen (Platen sind nach REINECK (1970) alle tidenperiodisch trockenfallenden Zonen des Wattenmeeres) stattfindet: Nach der Metamorphose besiedeln die Postlarven von Scholle (BERGMAN et al., 1976) Flunder, vermutlich Seezunge (BÜCKMANN, 1934; HINZ, 1983) und Kliesche sowie die Nordseegarnele (LINKE, 1939; TIEWS, 1970; KUIPERS & DAPPER, 1981) zunächst die flachsten und flachen Wattenbereiche. Mit zunehmendem Alter nehmen die Jungtiere dann an der Tidenwanderung teil (BERGHAHN, 1983), d.h. sie bewegen sich im Tidenrhythmus von den Prielen auf die Platen und zurück.

Ein Teil der Fauna verläßt nach dem Heranwachsen die flachen Watten und wandert in das Sublitoral ab, während ein anderer Teil als "obligate Wattenbewohner" dort verbleibt. Fischereibiologische Bestandserhebungen im Wattenmeer sind wegen der hohen Mobilität der Tiere nicht unproblematisch: So finden starke Zu- und Abwanderungen verschiedener Arten statt, die wiederum überlagert werden können von kurzfristigen lokalen Bewegungen, etwa bei Wettereinbrüchen und dergleichen (S. u.a. KUIPERS & DAPPER, 1981). Zudem können synökologische Interaktionen, wie Nahrungs-, Raumkonkurrenz und Räuber - Beute - Effekte erheblich auf Bestandsstärken einwirken (KÜHL & KUIPERS, 1979). Im Rahmen der vorliegenden Felduntersuchung war es daher erforderlich, unterschiedliche Wattenbereiche in periodischen Abständen zu befischen sowie zur Ergänzung und Verifikation der Ergebnisse an ausgesuchten Probenorten Einzeluntersuchungen durchzuführen.

Der Lebensraum Wattenmeer ist geprägt durch eine außerordentlich hohe Bioproduktion. Einen wesentlichen Anteil an der Produktion hat die Nordseegarnele, die im Sommer und Herbst in Massen auftritt, und die als Räuber und zugleich Beutetier eine zentrale Stellung im Nahrungsnetz einnimmt. Die Garnelenbestände sind zudem wirtschaftlich von großer Bedeutung. Sie stellen die Existenzgrundlage der im Untersuchungsgebiet ansässigen Küstenfischerei dar.

Etwa 70 Fischarten sind im Wattenmeer der Deutschen Bucht nachgewiesen, von denen nur ca. 20 Arten regelmäßig vorkommen, d.h. auf das Watt als Wohn-, Nahrungs-, Laich- oder Aufwuchsgebiet angewiesen sind. Fischereilich genutzt werden in der Küstenfischerei und der Kleinen Hochseefischerei besonders Nordseegarnelen und die im Wattenmeer heranwachsenden Plattfischarten Scholle, Seezunge und Flunder. Grundlage einer synökologischen Betrachtung der Tierarten im Gesamtsystem ist die Kenntnis der Biologie der einzelnen Tierart. Nach einer Einteilung von ZIJLSTRA ((1978) zit. nach TIEWS (1983)) sind hier einige Aspekte zur Autökologie der dominanten Fischarten sowie der Garnele kurz zusammengefaßt:

#### A: Obligatorische Bewohner des Wattenmeeres

1. seßhafte Arten (Steinpicker, Scheibenbauch, Aalmutter, Seeskorpion, Butterfisch)
2. nahezu seßhafte Arten (Grundel, Seenadel, Flunder, Seequappe)
3. Arten mit "Kinderstube" im Wattenmeer (Scholle, Seezunge, Hering)
4. Arten, die als Adulte das Wattenmeer benutzen (Stint, Stichling)



B: Fakultative Bewohner des Wattenmeeres (z.B. Scharbe, Sprotte, Wittling, Kabeljau, Aal, Sandaal, Knurrhahn)

zu A:

Nach ZILJSTRA (1978) haben die Tiere der seßhaften Arten eine hohe Toleranz gegenüber Salzgehaltsschwankungen. Ihre Eier sind in der Regel demersal, werden also am Bodensubstrat oder an makrophytischen Algen befestigt (Ausnahme ist die lebendgebärende Aalmutter). Bei jeder dieser Arten findet in unterschiedlicher Form Brutpflege statt.

Bei den nahezu seßhaften Arten kann man folgende Unterscheidungen treffen: Formen, die das Wattenmeer verlassen, um in tieferen Bereichen der Nordsee (Grundel, Flunder, Seequappe) oder im Süßwasser zu laichen und Formen, die das Gebiet wegen zu hoher oder zu niedriger Temperaturen verlassen.

Grundeln heften ihren Laich an das Substrat (demersale Eier). Flunder, Seequappe und Sardelle laichen in das freie Wasser, in dem die Eier treibend verbleiben (pelagische Eier). Die letztgenannten Arten unterscheiden sich damit deutlich in ihrer Fortpflanzungsbiologie von den Grundeln und den seßhaften Arten.

Die Nutzfische Scholle, Seeszunge und Hering nutzen das Watt als Kinderstube. Bei Scholle und Seeszunge leben die Jungtiere die ersten 1 -2 Jahre im Wattenmeer. Jugendliche Heringe leben nur für 3 - 9 Monate auf den Watten, bis sie eine Länge von ca. 10 cm erreichen.

Stint und Stichling finden sich nur als adulte Tiere im Watt. Der Stint heftet seinen Laich an Bodensubstrat, Der Stichling laicht in "Nestern". Beide pflanzen sich im Süßwasser fort.

zu B:

Diese Tiergruppe schließt alle Arten ein, für die das Watt keine besondere Funktion hat, bis auf den Sandaal haben alle pelagische Eier. Zu unterscheiden sind Arten, bei denen vorwiegend jugendliche Tiere auf dem Watt leben und solche, bei denen eher Adulte oder alle Altersgruppen das Wattenmeer nutzen.

Vor allem junge Aale, Wittlinge und Dorsche sind dort häufig zu finden, während auch erwachsene Scharben, Sandaale und Knurrhähne ihr Verbreitungsgebiet auf das Wattenmeer ausdehnen. Ihr Auftreten hängt von der Stärke der Nordseebestände sowie von dem Fehlen physikalischer oder chemischer Barrieren ab.

Einige Angaben zur Autökologie fischereilich genutzter Wattenmeer - Arten:

Die Garnele (*Crangon crangon*) erreicht nach ca. 1 Jahr Geschlechtsreife. Die Männchen sind dann etwa 40 mm, die Weibchen 54 mm lang. Die jüngsten Stadien gehen nach der planktischen Phase mit 5 - 8 mm Länge zum Bodenleben über. Bevorzugte Lebensräume der Junggarnelen sind die flachen Watten: Bis zu einer Größe von 20 - 35 mm verbleiben die Junggarnelen in der Regel auch bei Ebbe auf den Platen, wobei sie sich in das Sediment einschlagen oder flache Wattpfützen aufsuchen. Größere Garnelen nehmen an der Tidenwanderung teil, d.h. sie wandern im Tidenrhythmus von den Prielen auf die Platen und zurück.

Beutetiere der Garnelen sind kleine Würmer und Schlickkrebse, Sinkstoffe und Algen. Nahrungskonkurrenten sind Strand- und Schwimmkrabben sowie vor allem die bodenweidenden Fische. Die wichtigsten Freißfeinde der Nordseegarnele sind nahezu alle Fischarten und einige Seevogelarten.

Die Scholle (*Pleuronectes platessa*) laicht im Frühjahr in 20 - 40 m Tiefe in der südlichen und südwestlichen Nordsee pelagische Eier. Das Larvenstadium dauert ca. 1 -2 Monate. Während dieser Zeit gelangen sie durch Meeresströmungen und aktive Wanderung an die

Küsten der südlichen Nordsee. Bei einer Länge von 10 mm erfolgt die Metamorphose in die typische Plattfischform, und die Jungfische gehen zum Bodenleben über. Bis zu einer Größe von 20 mm verbleiben die Jungschollen auch bei Niedrigwasser auf den Platen, größere Tiere gehen dann zur Tidenwanderung über. Ihre Nahrung besteht vor allem aus Schlickkrebse, Borsten-, Ringel- und Wattwürmern. Nahrungskonkurrenten sind Garnelen und andere Plattfischarten. Die wichtigsten Freßfeinde sind Seevögel, größere Fische und Seehunde. Zum Winter verlassen die Jungschollen das Watt, um in größere Tiefen zu ziehen, kehren aber in den folgenden zwei Jahren jeweils im Frühjahr / Sommer auf die Platen zurück.

Die Flunder (*Platichthys flesus*) laicht im späten Frühjahr in 20 - 40 m Tiefe ebenfalls pelagische Eier. Bei einer Länge von 7 - 10 mm nehmen die Larven das Bodenleben im Wattbereich auf, noch ehe die Metamorphose ganz abgeschlossen ist. Nährtiere sind Kleinkrebse, Würmer, Garnelen, Muscheln, kleine Grundeln und Sandaale. Die älteren Tiere verlassen das Watt nichtsondern wandern zum Fressen - besonders nachts - auf die Platen.

Freßfeinde: wie Scholle.

Die Seezunge (*Solea solea*) laicht im Frühjahr / Frühsommer in Küstennähe. Die Metamorphose der Larven zu Plattfischen erfolgt bei 12 - 15 mm Körperlänge, worauf sie im Watt zum Bodenleben übergehen. Wie die Scholle, so ist auch die Seezunge nur als Jungfisch im Wattmeer anzutreffen - ältere Jahrgänge ziehen sich in tieferes Wasser zurück. Die Hauptnahrung der Seezungen sind Borstenwürmer, Muscheln, Krebse und kleine Fische.

Freßfeinde: wie Scholle.

Die Kliesche (*Limanda limanda*) laicht im Frühjahr / Sommer in der südlichen Nordsee in 20 - 40 m Tiefe pelagische Eier. Bei 15 mm Länge gehen die Tiere, noch vor der Metamorphose, in 5 -70 m zum Bodenleben über. Die Hauptnahrung besteht aus Krebsen, Würmern, Muscheln, später auch Sandaalen und Grundeln. Freßfeinde: wie Scholle.

Einige Angaben zur Autökologie fischereilich nicht genutzter Wattmeer - Arten:

Mehrere Grundelarten kommen im Watt vor. Die häufigste Art ist die Sandgrundel (*Pomatoschistus minutus*), deren Weibchen im Sommer die Eier an leere Muschelschalen heftet, die dann vom Männchen bewacht werden. Die Larven schlüpfen nach etwa 9 Tagen, leben zunächst pelagisch, dann - ab 17 mm Länge - am Wattboden. Die Grundeln sind Nahrungskonkurrenten der Plattfischjungfische und zugleich auch wichtige Nährtiere für größere Nutzfische.

Das Weibchen der Aalmutter (*Zoarces viviparus*) bringt im Frühjahr lebende Junge zur Welt, die sofort zum Bodenleben übergehen. Als Nahrung dienen Flohkrebse, Würmer, Schnecken und Garnelen.

Der Steinpicker (*Agonus cataphractus*) laicht im Februar bis April. Die nach 10 - monatiger Entwicklung geschlüpften Larven leben zunächst pelagisch. Mit 20 mm Länge gehen sie zum Bodenleben in den Prielen der Watten über und fressen dann Würmer, Kleinkrebse und kleine Garnelen.

Der Sandaal (*Ammodytes lancea*) legt im Winter seine Eier auf dem Sand im flachen Watt ab, die Larven leben zunächst pelagisch, ernähren sich von Plankton, um dann später auf das Sandwatt zu ziehen, wo sie sich von Würmern, Krebsen und Jungfischen ernähren.

Der Butterfisch (*Pholis gunellus*) laicht ebenfalls demersale Eier, die Larven schlüpfen im

Frühjahr und leben zunächst pelagisch. Als Grundfisch ernähren sie sich später vor allem von Kleinkrebsen.

Der Seeskorpion (*Myoxocephalus scorpius*) laicht demersale Eier, die Larven leben bis zu einer Länge von 15 mm pelagisch und wandern dann in die flache Wattzone. Der Seeskorpion ernährt sich als gefräßiger Räuber vom Laich und von Larven anderer Fische, die adulten Tiere fressen vor allem Garnelen.

Die Eier der Seenadel (*Sygnathus rostellatus*) entwickeln sich in der Brusttasche des Männchens. Die voll entwickelten Jungen schlüpfen im Sommer, ernähren sich zunächst vom Plankton, dann von Kleinkrebsen und Fischbrut.

#### 4.5.2 Einfluß von Erdöl-Kohlenwasserstoffen und Dispergator/Ölgemischen auf Fische und Garnelen

Die Literatur zum Forschungskomplex "Mechanische und physiologische Effekte von Erdöl-Kohlenwasserstoffen und Dispergator-Ölgemischen auf die Fisch- und Crustaceen-Fauna" ist recht umfangreich. Besonders nach dem Ölunfall der Amoco Cadiz im Frühjahr 1978 sind eine Reihe von Feld- und Laboruntersuchungen zu diesem Thema durchgeführt worden. (Für den Bereich "Dispergatoren" sei besonders verwiesen auf "Dispergatoren als Mittel der chemischen Ölunfallbekämpfung", UBA-Literaturstudie, Berlin 1985).

Eine Auswertung der Literatur zeigt, daß nach einer Erdölkontamination (Amoco Cadiz Unfall) bis zu 80 % der Plattfische aller Altersgruppen im Benoit-Aestuar noch 9 Monate nach dem Öleintrag nekrotische Flossensäume zeigten.

Signifikant verringert war das Längenwachstum bei Schollen und Zungen im Aestuar (CONAN & FRIHA, 1979; MIOSSEC, 1981 b; FRIHA, 1982).

MIOSSEC (1981 a) stellte im gleichen Untersuchungsgebiet eine Zunahme pathologischer Veränderungen bei Schollen fest.

Die von DESAUNAY (1979) in den Buchten von Morlaix und Lannion durchgeführten Untersuchungen an Schollen, Seezungen und Flundern ergeben ebenfalls Degenerationen von Haut und Flossen der Fische. LE MOAL (1980) führt derartige Krankheitsbilder auf ölkontaminierte, bodenlebende Fischnährtiere zurück.

HAENSLEY (1982) untersuchte histopathologisch die Organe von Schollen in den Amoco Cadiz - kontaminierten Gebieten. Er fand im Zeitraum 1978 - 80 latente Gewebeschäden, die er auf eine chronische Kohlenwasserstoff - Belastung zurückführte.

Subletale Zelldegenerationen an Kiemen, Haut, Leber, Augen und Darm bei verschiedenen Platt- und pelagischen Fischen nach einer Erdöl-Kontamination wurden bei HAWKES (1979) und MALINS et al. (1978, 1979, 1980) beschrieben. KOVALEVA (1979) stellte fest, daß 30 µg/ml gelöster Kohlenwasserstoffe bei Schwarzmeerseezungen (*Solea lascaris*) Hyperglykämie in der Leber hervorrufen.

McCAIN (1978) untersuchte Langzeiteffekte durch von Alaska-crude-oil kontaminierten Sedimenten auf Plattfische in der Bering See, dem Golf von Alaska u.a. und stellte sie zu der Fundhäufigkeit von Fischkrankheiten in Beziehung. In Laborversuchen konnte McCAIN (1978) an Schollen nachweisen, daß auf einem mit 700 - 400 µg/g TG Alaska-crude-oil kontaminierten Sediment zunächst die Alkane und Aromaten aufgenommen werden (bes. in

Haut, Muskeln und Leber). Nach zwei Monaten wurden noch 2 % der Anfangsmenge in der Leber nachgewiesen.

WHIPPLE (1978) untersuchte Flundern (*Platichthys stellatus*) in durch Inlet Cook-crude-oil kontaminiertem Seewasser (100 - 200 ppb) über 5, 7 und 21 Tage. In den Ovarien der weiblichen Tiere erreichten unterschiedliche Kohlenwasserstoff - Fraktionen den 113-fachen Wert der im Wasser gemessenen Konzentrationen.

KÜHNHOLD (1975) analysierte die Wirkung von seewasserlöslichen Fraktionen von Erdölen auf Eier und Larven von Dorsch und Hering. Als Kurzeffekt zeigten sich eine retardierte Eientwicklung und Brutdeformationen. Im Langzeitversuch war die Mortalität stark erhöht.

WHIPPLE (1978) fand bei Untersuchungen der Ovarien von Flundern, daß bei Kohlenwasserstoffkonzentrationen von 100 - 200 ppm (Cook Inlet crude oil) die Reifung beschleunigt wurde, wobei ein hoher Anteil der Eier geschädigt oder abgestorben war.

GRISWOLD (1981) führte cytogenetische Untersuchungen an Limanden (*Limanda ferruginea*) - Eiern durch. Vier Tage nach einem Diesellunfall in Rhode Island / USA waren noch alle gefischten Eier an der Membrane oder am Embryo geschädigt.

Später gesammelte Eier zeigten keine derartigen Schäden mehr, so daß Langzeiteffekte ausgeschlossen wurden.

MASMANIDI (1981) untersuchte 7 UdSSR - Dispergatoren und stellte fest, daß die Ei- und Larvenentwicklung bei Flundern ab 0,5 ppm Dispergatorkonzentration geschädigt wird.

KÜHNHOLD (1977) gibt an, daß 1 mg/l dispergierten Öls im Seewasser das Schlüpfen von Fischlarven verhinderten.

Eine starke Veränderung im Nahrungsverhalten der Garnelen (*Crangon crangon*) nach Zugabe verschiedener Dispergatoren stellten EVANS et al. (1977) fest.

Der Einfluß von Erdöl - Kohlenwasserstoffen und Dispergator - Ölgemischen auf Fische und Garnelen geht von Verhaltensänderungen über starke Gewebedegenerationen bei adulten Tieren bis zu hoher Mortalität bei Eiern und Larven, je nach Art der Kontamination und der sie begleitenden Umstände.

Auf der Grundlage der hier zitierten Untersuchungsergebnisse erfolgte die Bewertung der Ladungszahlen (vergl. 5.3.2.4) für jede der 20 untersuchten Tierarten mit "3" entsprechend "hochsensitiv gegenüber Erdöl".

### 4.5.3 Methodik der Kartierung

#### 4.5.3.1 Aufnahmetechnik im Gelände

Grundsätzlich kommt der Wahl der Fangmethode und des Fanggerätes in der Fischerei eine besondere Bedeutung zu (vergl. u.a. GULLAND, 1966). Die Beschaffenheit des Geschirrs und Netzes, die Schleppgeschwindigkeit und -dauer sowie Scheueffekte durch Schiff und Netz beeinflussen in hohem Maße die Fangergebnisse. Zudem ist die Fangzusammensetzung bei der Wattfischerei von einer Reihe von Randbedingungen wie Wind- und Strömungsrichtung, Wellenhöhe auf den Platen, Wassertemperatur, Tageszeit, Tidenphase etc. abhängig.

Die bei der vorliegenden Untersuchung eingesetzte 2-m Kurre ist von KUIPERS (1973) entwickelt und für Schollenuntersuchungen im Flachwasser eingeführt worden. Die hohe Reproduzierbarkeit der Fangergebnisse für Jungschollen ist belegt (KUIPERS, 1975; vgl. auch BERGHAHN, 1984) und durch eigene Parallelfänge bestätigt. Für die Fangdaten der Flundern gilt, daß sie die tatsächlichen Dichten der größeren Tiere auf den Platen unterschätzen, da diese - besonders bei hohen Wassertemperaturen - dem Geschirr leicht entkommen.

Ebenfalls unterschätzt sind die Daten der Seezungenfänge: So entkommen Zungen der 0-Gruppe gelegentlich dem Netz noch während des Hievens (BERGHAHN u. HUSTEDT, Inst. f. Hydrobiol. u. Fischereiwiss., Hamburg; Fischer, Neuhaus/Cuxhaven, pers. Mitteilg.).

Für Garnelen < 20 mm ist die Fängigkeit des Netzes gering (GROH, 1982). Es wurden daher nur Crangon > 20 mm für die Berechnung der Dichte auf den Platen herangezogen.

Nach jedem Hol wurden protokolliert:

- Volumen des Gesamtfanges (unsortiert)
- Volumen von Garnelen, Muscheln, Schill, Algen etc. (getrennt)
- Anzahl der Fische jeder Art
- Längenverteilung der Plattfische (0,5 cm - Klassen)
- Längenverteilung einer Unterprobe Garnelen (0,5 cm - Klassen)
- Anzahl einer Unterprobe Garnelen
- spezielle Beobachtungen über Wetter, Wassertiefe, -temperatur etc.

Von jedem Fang wurde zudem eine Rückstellprobe in Formol fixiert.

#### 4.6 Vögel und Meeressäuger

See- und Küstenvögel haben aufgrund ihrer Mobilität einen viel größeren Aktionsradius als andere Organismen des Lebensraumes Wattenmeer. Verteilung und Zahl der Vögel in diesem Lebensraum sind neben jahreszeitlichen Unterschieden in besonderem Maße von bestimmten Umweltfaktoren, wie z.B. Wetter, Seegang, Wasserstand und Nahrungsangebot abhängig. Andererseits besteht zu bestimmten Zeiten (Brut- und Mauserzeit) eine besonders starke Bindung zwischen Vogel und lokal begrenztem Areal. Bei Störungen in diesem Areal oder Vernichtung eines Gebietes gibt es aufgrund des begrenzten Angebots geeigneter, unbesetzter Flächen so gut wie keine Ausweichmöglichkeiten für die Vögel. Angaben zu geographischen Aufenthaltsorten von Vögeln bleiben daher ungenau und lassen sich nur bedingt Stationsmeßpunkten der anderen biologischen Kartierungen zuordnen. Der Aktionsradius der verschiedenen Arten ist unterschiedlich und zum größten Teil unbekannt.

Absolute Zahlen für die Häufigkeit der Individuen können nur eingeschränkt gegeben werden. Die Angabe von Mittelwerten ist wenig sinnvoll, da auch mit Populationsverschiebungen immer wieder gerechnet werden muß. Eine Aktualisierung der Bestandsdaten für Vögel in den einzelnen Gebieten muß kontinuierlich vorgenommen werden, und im akuten Fall (Entscheidung über Maßnahmen bei einem Ölunfall) bleibt die Nachfrage über die aktuelle Lage bei vor Ort kundigen Ornithologen unerlässlich. Die Zusammenstellung der ornithologischen Daten (Arten, Bestandszahlen und Zählstrecken) beruht auf der Auswertung von veröffentlichter Literatur sowie unveröffentlichten Manuskripten bzw. Vogelwärterberichten. Die vorliegenden Daten haben eine recht unterschiedliche Qualität, und für bestimmte

Gebiete liegen keine Daten vor. Eine Homogenisierung der Datenqualität im gesamten Untersuchungsgebiet (gesamte deutsche Nordseeküste) ist wünschenswert, doch bleibt eine Aktualisierung der Daten bzw. die Informationsbeschaffung im akuten Fall weiterhin notwendig.

#### 4.6.1 Methoden

Die gesamten Ergebnisse für die Avifauna und Seehunde wurden bereits in einem Bericht: "Erfassung der Wurster Küste und angrenzender Wattgebiete in ihrer Bedeutung für brütende und rastende Vögel und für Robben im Rahmen des UBA - Forschungsvorhabens Wasser 102 04 327" von der Inselstation der Vogelwarte Helgoland vorgelegt und sind dort einzusehen.

##### Brutvogelbestand

April bis Juli ist der besonders empfindliche Zeitraum für die Brutvögel (Abb. 4.6.1). Die Brutvogelbestände werden anhand von Artenlisten für einzelne Teilgebiete dargestellt. Die Liste der berücksichtigten Vogelarten umfaßt Arten, die den "Wasservögeln im weiteren Sinne" (nach Ramsar-Konvention) zugeordnet werden, wobei Schwäne und Rallen unberücksichtigt bleiben und unter Gänsen, Enten und Watvögeln relevante Arten ausgewählt wurden. Vogelarten, die durch Öl besonders gefährdet oder in ihrem Bestand bedroht sind bzw. einen Seltenheitswert besitzen, werden in den Listen besonders hervorgehoben (Unterstreichung). Für diese letztgenannten Arten wurden jeweils Mindestzahlen an Brutpaaren festgelegt, die ausreichen, um ein Vogelbrutgebiet als "bedeutsam" einzustufen (Tab. 4.6.1).

Erreicht der Brutvogelbestand in einem Teilgebiet die Mindest-Brutpaar-Zahl bei mindestens einer Art, gilt das betreffende Brutgebiet mit angrenzendem Nahrungsgebiet als besonders schützenswert. In den Listen der Teilgebiete im Endbericht der INSELSTATION DER VOGELWARTE HELGOLAND (1986) sind die Vogelarten, die das Kriterium erfüllen, mit einem "+" hinter der Anzahl der Brutpaare gekennzeichnet.

Um das betreffende Brutgebiet wird je nach Aktionsbereich der Vögel ein Areal abgegrenzt, in dem sich die Brutvögel mit großer Wahrscheinlichkeit zur Nahrungssuche aufhalten. Überschneidungen der Begrenzungslinien um die einzelnen schützenswerten Brutgebiete wurden dabei vermieden (s. Kapitel 5.3.2.5).

Innerhalb der sich hierbei ergebenden Gebiete befinden sich Meßstationen der anderen Erhebungen (Makro-, Meiofauna, usw.). Alle Meßstationen innerhalb eines Gebietes bilden ein Cluster, dem nun die qualitativen und quantitativen Daten der ornithologischen Erhebungen für dieses Brutgebiet zugeordnet werden.

##### Rastvogelbestand

Besonders empfindliche Zeiträume für rastende Vögel sind die Monate August bis Oktober während des Wegzuges sowie März und April während des Heimzuges (Abb. 4.6.1). Die Rastvogelzahlen wurden anhand von Artenlisten der einzelnen Teilgebiete dargestellt.

Zum Teil beruhen die Daten auf den Wasser- und Watvogelzählungen von 1980/81.

Zur Bewertung eines schützenswerten Rastgebietes wurden die Kriterien herangezogen, die

einem Wasser- und Watvogelrastplatz das Prädikat "national bedeutend" zuordnen. Erreicht der Rastvogelbestand in einem Teilgebiet die geforderte Tages-Mindest-Zahl bei mindestens einer Art, gilt das betreffende Gebiet mit angrenzendem Nahrungsgebiet als besonders schützenswert. In den Listen der Teilgebiete (s.o.) sind diese Vogelarten, die das Kriterium erfüllen mit einem "+" hinter der Anzahl des Rastbestandes gekennzeichnet.

Die Rastvogelbestände werden anhand von Artenlisten für einzelne Teilgebiete dargestellt. Um ein Gebiet, das die oben genannten Kriterien erfüllt, wird ein Areal abgegrenzt, in dem sich die Rastvögel mit großer Wahrscheinlichkeit zur Nahrungssuche aufhalten.

Tabelle 4.6.1 Liste der zur Sensitivitätsbewertung berücksichtigten Vogelarten. Durch Öl besonders bedrohte bzw. seltene Arten sind unterstrichen. Die Mindestzahl an Brutpaaren kennzeichnet die "Bedeutung" des Gebietes.

Art	Mindestzahl an Brutpaaren
<u>Kormoran</u>	5
Graugans	
Brandgans	
<u>Eiderente</u>	20
Mittelsäger	
Austernfischer	
<u>Säbelschnäbler</u>	5
Flußregenpfeiffer	
<u>Sandregenpfeiffer</u>	5
<u>Seeregenpfeiffer</u>	5
Kiebitz	
Alpenstrandläufer	
<u>Kampfläufer</u>	5
Bekassine	
Uferschnepfe	
<u>Großer Brachvogel</u>	5
<u>Rotschenkel</u>	20
Lachmöve	
Schwarzkopfmöve	
Sturmmöve	
Heringsmöve	
Silbermöve	
<u>Lachseeschwalbe</u>	1
<u>Brandseeschwalbe</u>	50
<u>Flußseeschwalbe</u>	50
<u>Küstenseeschwalbe</u>	50
<u>Zwergseeschwalbe</u>	5

Tabelle 4.6.2 Liste der zu fordernden Mindestzahlen an Individuen für Wasser- und Watvogelrastgebiete nationaler Bedeutung. (nach BERNDT, HECKENROTH & WINKEL, 1979)

Art	Tages-Mindestzahl	Art	Tages-Mindestzahl
<u>Kormoran</u>	30	Mittelsäger	100
Nonnengans	250	Gänsesäger	600
Ringelgans	250	Austernfischer	5000
<u>Brandgans</u>	1000	Säbelschnäbler	200
Pfeiffente	1500	<u>Sandregenpfeiffer</u>	250
Schnatterente	75	<u>Goldregenpfeiffer</u>	1000
<u>Krickente</u>	800	<u>Kiebitzregenpfeiffer</u>	300
Spießente	400	<u>Knutt</u>	5000
<u>Knäken</u>	100	<u>Sanderling</u>	100
<u>Löffelente</u>	100	Alpenstrandläufer	7500
Tafelente	1000	Kampfläufer	300
Reiherente	2500	Uferschnepfe	500
<u>Bergente</u>	1000	Pfuhlschnepfe	1000
Eiderente	7000	Großer Brachvogel	1500
Trauerente	1000	Rotschenkel	500
<u>Samtente</u>	150	Grünschenkel	200
<u>Schellente</u>	300	Steinwölzer	150
Zwergsäger	60	Meerstrandläufer	

### Mauserplätze

Den meisten Entenarten und Watvögeln ist es während des Durchzuges auf Grund des großen Nahrungsangebotes im Wattenmeer möglich, den energieaufwendigen Gefiederwechsel (Mauser) durchzuführen.

Von einigen Vogelarten werden dazu regelrechte Mauserplätze in sicherem und nahrungsreichem Seichtwasser aufgesucht, wie z.B. um die Insel Scharhorn und den Großen Knecht-sand/Eversand.

Um Flächen, auf denen sich bekanntermaßen mausernde Brandgänse bzw. Eiderenten aufhalten, wird in einem 3 km Abstand eine einheitliche Grenzlinie gezogen. Diese Fläche gilt als zu schützendes Gebiet während der Mauserzeit.

Die Zuordnung dieser Daten von Mauserplätzen zu den Meßstationen der anderen Erhebun-gen erfolgt entsprechend wie beim Brut- und Rastvogelbestand.

### Seehundliegeplätze

Seehundliegeplätze müssen eine Reihe von typischen Merkmalen erfüllen, so daß die Zahl geeigneter Liegeplätze nicht beliebig ist. Daher suchen die Seehunde bei Niedrigwasser immer wieder dieselben angestammten Sandbänke auf, die meist in der Nähe von Prielen oder Wattströmen liegen (traditionelle Seehundsbänke). Im Frühherbst ziehen einige Seehunde



ins tiefere Wasser und verteilen sich über den gesamten Nordseebereich. Der weitaus größte Teil hält sich auch im Winter im Wattenmeer auf, jedoch werden die Tiere dann seltener auf ihren angestammten Sandbänken ruhend beobachtet. Derartige qualitative Abgrenzungen werden aus den jährlichen Zählungen der Nationalparkämter übernommen.

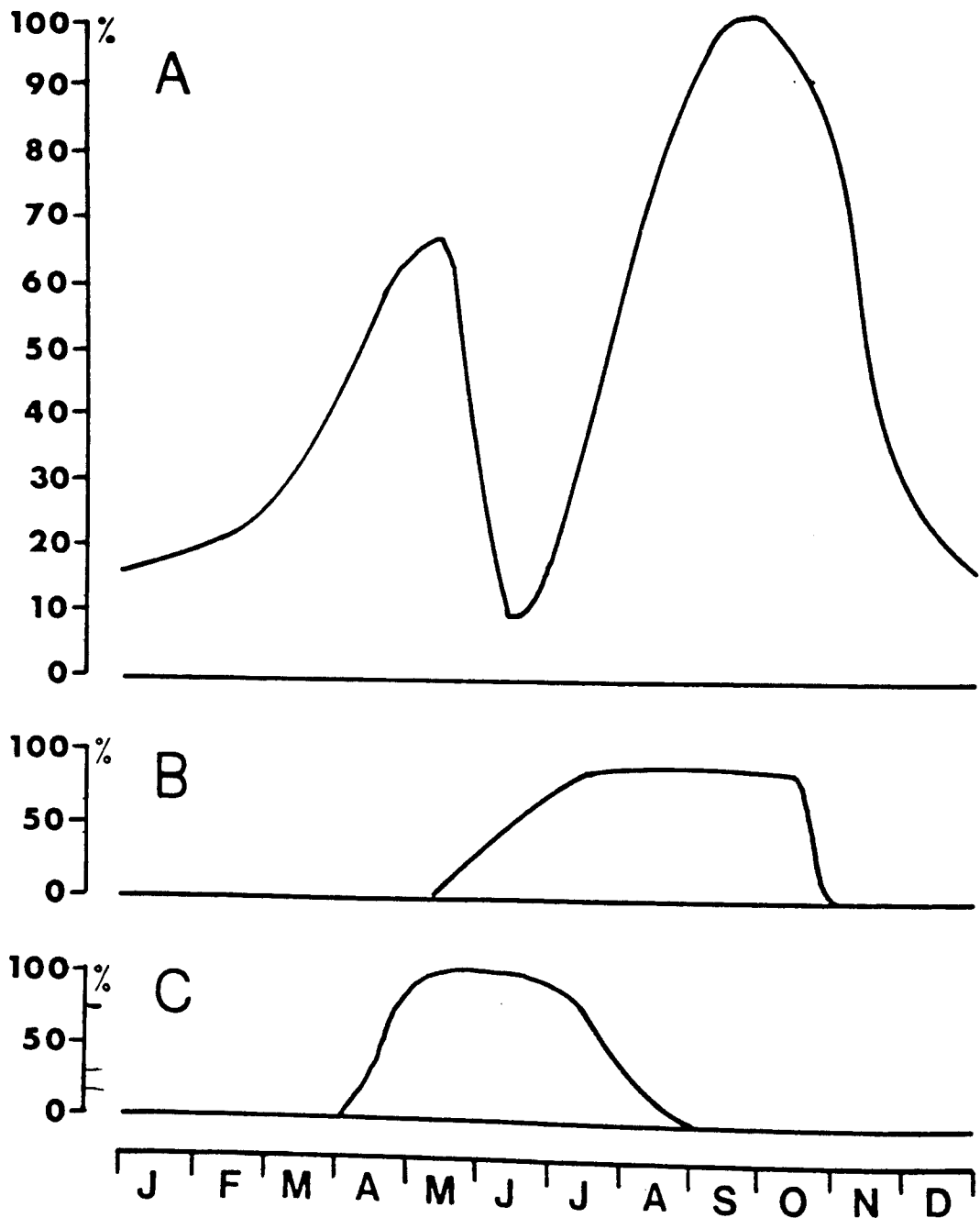


Abb. 4.6.1 Empfindliche Zeiträume für Vögel im Wattenmeer

- A Rast- und Nahrungszeitraum ( Relative Abundanz der Wat- und Wasservögel)
- B Schwingenmauserzeit ( Anteil mausernder Individuen bei den Mausergästen )
- C Brutzeit ( Anteil brütender Individuen bei den Brutvogelarten )

## 4.7 Salzwiesen

### 4.7.1 Allgemeine Beschreibung von Vorland und Salzwiesen

Im obersten Eulitoral setzen bei ca. 50 cm unterhalb des Mittleren Tidehochwassers (MTHW) in einem biogenen Vorgang (WOHLENBERG, 1969) durch Sedimentation Verlandungsprozesse ein und schaffen so ausreichende Bedingungen für eine erste Besiedlung durch Höhere Pflanzen. Mit weiterer Aufhöhung über das MTHW können sich im Einfluß der Gezeiten und des Salzgehaltes typische Vegetationseinheiten, die Salzwiesen/-weiden - regional unterschiedlich auch als Heller oder Groden bezeichnet - herausbilden.

Durch Sedimentansammlung und -bindung im Zuge gelegentlicher Überflutungen werden die Salzwiesen mit der Zeit erhöht, wodurch es gleichzeitig zu einer Seewärtsverlagerung der MTHW-Linie kommt. Oft geht die Sedimentation mit Erosionen an den Grodenkanten einher (STREIF, 1990), wobei Abbruchkanten entstehen können.

Die Lebensgemeinschaften der Salzwiesen sind hoch spezialisiert sowie eng aufeinander und auf die extremen Lebensbedingungen abgestimmt. Entscheidend sind die Lage der Flächen zum MTHW, der Salzgehalt des Bodenwassers und die Bodenfeuchtigkeit. Letztere sind wiederum abhängig von der Zahl und Dauer der Überflutungen pro Tag bzw. pro Jahr.

HEYDEMANN (1981) gibt als jährliche Überflutungsraten - bei zugrundegelegtem Tidenhub von ca. 300 cm - für die Zone unterhalb MTHW ca. 700 Überflutungen, für +30 cm MTHW (Untere Salzwiese) ca. 220 bis 250 Überflutungen und für +100 cm MTHW (Obere Salzwiese) ca. 20 Überflutungen an. Dem Geländeanstieg entsprechend, siedeln sich mehr oder weniger parallel zur Küstenlinie aufeinanderfolgend verschiedene Pflanzengesellschaften an (Sukzession; s. Abb 4.7.1).

Durch Küstenschutzmaßnahmen wird die Sedimentation gefördert und in bestimmte Bahnen gelenkt (LAFRENZ, 1957). Die gleiche Sukzessionsabfolge, die sich natürlicherweise parallel zur Küstenlinie ausbilden würde, entwickelt sich nunmehr - in einem Lahnungsfeld vielfach neu initiiert - zwischen den vom Menschen angelegten Gruppen auf den einzelnen Wattäckern. Zwischen den Salzwiesen und dem Watt, d.h. zwischen Eu- und Supralitoral, entsteht eine scharfe Grenze (vgl. STREIF, 1990), die in den wenigen, der Natur überlassenen Gebieten nicht erkennbar ist. Je höher und breiter das entstehende Vorland ist, desto besser schützt es durch Minderung der Wellenkräfte den Deich vor auflaufenden Wellen (ERCHINER, 1987; vgl. KRAMER, 1971). Jede Art der Zerstörung dieses Vorlandes würde also nicht nur den Verlust eines einmaligen Lebensraumes bedeuten sondern auch gleichzeitig eine Gefährdung der Deiche und des Hinterlandes zur Folge haben.

### 4.7.2 Übersicht über bisherige vegetationskundliche Bearbeitungen der Salzwiesen

Vegetationskundliche Untersuchungen von Salzwiesen-Gebieten wurden/werden von den verschiedensten Ansatzpunkten aus durchgeführt. Meistens handelt es sich um Kartierungen kleinräumiger, klar umgrenzter Gebiete, die möglichst detaillierte Informationen über die Vegetation des untersuchten Gebietes - häufig unter einer bestimmten Fragestellung, wie Einfluß von Beweidung - erbringen sollen (z.B. SCHERFOSE, 1989; HOB OHM, 1986; NECKERMANN, 1987). Unter einem darüber hinausgehenden Aspekt werden synökologische, syntaxonomische und syndynamische Kartierungen durchgeführt, die überregional und allgemein gültige Aussagen zu pflanzensoziologischen Fragestellungen liefern sollen (vgl. GLAHN et al., 1989).

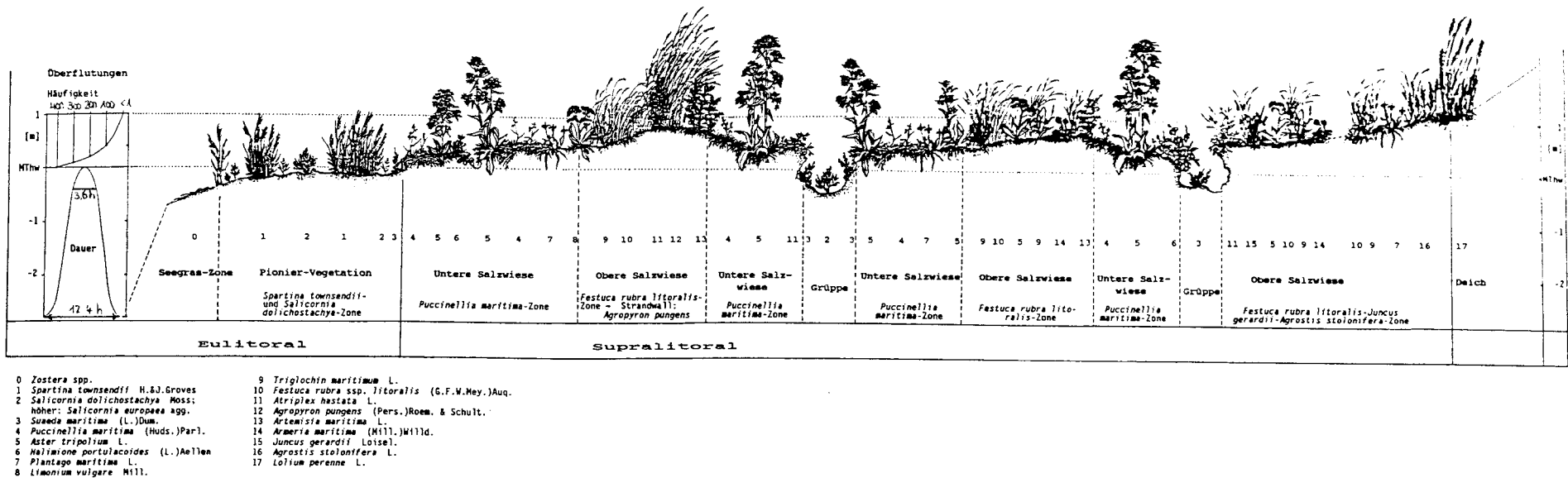


Abb. 4.7.1 Profil eines begrüpten, extensiv oder unbeweideten Vorlandbereiches. Aufgeführt sind charakteristische Vegetationszonen des Anlandungsbereiches und der Salzwiesen, die sich in Abhängigkeit von der Höhenlage [m], der Überflutungsdauer pro Tide [h] vor dem Seedeich herausbilden. Abgewandelt nach: ERCHINGER (1987), NATIONALPARKVERWALTUNG "NIEDERSÄCHSISCHES WATTENMEER" (1988) und STREIF (1990).

Unter diesen Aspekten wurden sowohl kleinräumig Untersuchungen durchgeführt (z.B. TÜXEN, 1957; SCHWABE, 1975; RUNGE, 1983; GLAHN et al. 1989) als auch große Gebiete kartiert (z.B.: RAABE, 1981; PEDERSEN, 1983; WESTHOFF, 1987; HAGGE & DIERSEN, 1989).

Im Gegensatz dazu strebt die vorliegende Sensitivitätskartierung der Salzwiesen wie die vorausgegangenen Pilot-Projekte (OFFEN, 1985; GRANDT & NEUGEBOHRN, 1987) keine allgemein gültigen Aussagen an sondern schafft a priori mit einer breiten Daten-Grundlage die Möglichkeit zur Einschätzung der Ölsensitivität der vorgefundenen Vegetation der Salzwiesen/-weiden. Sie grenzt sich zwar als Transektkartierung (s. Kapitel 4.7.4.1) gegenüber Dauerquadrat-Untersuchungen oder maßstabgebundenen flächendeckenden Kartierungen der o.g. Arbeiten ab, leistet aber dennoch über die Typisierung der vorgefundenen Vegetation einen pflanzensoziologischen Beitrag. Trotz der Einschränkung des Untersuchungsgebietes auf die Salzwiesen der Festlandsküste in den Nationalparks "Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer" und "Niedersächsisches Wattenmeer" handelt es sich um die bisher umfassendste einheitlich durchgeführte Kartierung.

#### 4.7.3 Gefährdung der Salzwiesen durch Rohöl und Ölprodukte

Bei Öl-Eintrag in ein Ökosystem ist nicht nur von Bedeutung, in welchem Zeitraum das Öl abgebaut ist sondern auch, ob und wann der Ursprungsstatus wiederhergestellt werden kann (vgl. GUNKEL, 1988). Nach BERNE & D'OZOUVILLE (1979, zitiert in: RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN, 1980) würden Ölunfälle vor oder sogar im Wattenmeer der Nordseeküste die empfindlichsten Ökosysteme, und zwar die Wattflächen und Salzwiesen treffen. JITTLER-STRAHLENDORFF & NEUGEBOHRN (1989) gehen - als Folge eines schweren Ölunfalles in Küstennähe, bei dem trotz gezielter Maßnahmen das Eindringen von Öl in die Wattflächen und Salzwiesen sicherlich nicht völlig zu verhindern wäre - von einem Totalausfall der betroffenen Vegetation aus.

Ähnliche Ergebnisse erbrachten bereits frühere Untersuchungen zu Auswirkungen von Rohöl auf Pflanzenbestände der Salzwiesen (s. BAKER, 1971a; GOLOMBEK, 1980; NEUGEBOHRN et al. 1987a; NEUGEBOHRN et al. 1987b; JITTLER-STRAHLENDORFF & NEUGEBOHRN, 1988). Beim Transfer der Ergebnisse auf sich ereignende Ölunfälle ist zu berücksichtigen, daß die Experimente mit speziellem, genau bekannten Öl durchgeführt wurden. Außerdem konnten unter den gewählten Versuchsbedingungen Veränderungs- und Abbauprozesse, wie sie im Ökosystem stattfinden, nicht oder nur unvollständig simuliert bzw. erfaßt werden.

Neben vielen Erkenntnissen über die Wirkung von Rohöl auf Pflanzenbestände ist nur von recht wenigen einzelnen Pflanzenarten der Salzwiesengesellschaften die Sensitivität bekannt: GOLOMBEK & NEUGEBOHRN (1984) sowie JITTLER-STRAHLENDORFF & NEUGEBOHRN (1984) stellten unterdrückte Blütenbildung bei verschiedenen Salzwiesen-Pflanzen fest (vgl. GOLOMBEK, 1980; OFFEN, 1985 u.a.), BAKER untersuchte mit verschiedenen Arbeiten (u.a. 1971b) die physiologischen Auswirkungen von Öl.

Bekämpfungs- und Reinigungsmaßnahmen, die sich an einen Ölunfall in Küstennähe anschließen, haben - anders als bei Einsätzen auf hoher See - oft noch zusätzlich schädigende Wirkungen zur Folge: z.B. richten zur Ölbekämpfung eingesetzte Dispergatoren in Kombination mit Öl größere Schäden in Salzwiesen-Flächen an als Öl allein (u.a.: GOLOMBEK &

NEUGEBOHRN, 1984; JITTLER-STRAHLENDORFF & NEUGEBOHRN, 1984; GOLOMBEK, 1988) und werden daher an Küstenabschnitten mit Salzwiesen nicht mehr eingesetzt.

Aus diesem Grund befaßten sich JITTLER-STRAHLENDORFF & NEUGEBOHRN (1989 und 1992) - ausgehend von einem Totalausfall der Vegetation - mit Möglichkeiten zur Rekultivierung von Pflanzenbeständen der Salzwiesen mittels unterschiedlicher, inzwischen erfolgversprechender Verfahren.

#### 4.7.4 Methodik der Kartierung

##### 4.7.4.1 Aufnahmetechnik im Gelände

Die Vegetationsuntersuchungen, d.h. der botanisch-pflanzensoziologische Teil der "Thematischen Kartierung", fanden in Schleswig-Holstein in den Jahren 1987-1989 und in Niedersachsen 1991 statt. Wie bei den beiden Pilot-Projekten (OFFEN, 1985: Wurster Watt; GRANDT & NEUGEBOHRN, 1987: Spiekeroog) wurde eine Transekt-Kartierung durchgeführt: Abstand der Transekte in den untersuchten schleswig-holsteinischen Salzwiesen annähernd 1000-Deich-Meter, in den niedersächsischen Salzwiesen ca. 1000- bis 3000-Deich-Meter, Abweichungen bei kleinräumiger Änderung der Artenzusammensetzung - und somit möglicherweise der Sukzession - oder aber bei Änderungen der Geländeformation. Als Transekt gilt eine gedachte, vom Deichfuß dem Gruppenverlauf senkrecht bzw. im spitzen Winkel in Richtung See folgende Linie. Lage und Verlauf der Transekte sind in die erstellten Gesellschaftstypen- und Sensitivitäts-Karten eingetragen (vgl. Kapitel 5.5.2). Listen sämtlicher Karten und Transekte befinden sich im Anhang.

Bei einer ersten Begehung eines Transektes erfolgte eine erste subjektive Abgrenzung von Pflanzengesellschaften in Abhängigkeit von der vorgefundenen Artenzusammensetzung und der Höhenstufe. Diese Abgrenzung beeinflusste wiederum Auswahl und Anzahl der "Aufnahmeflächen" zur quantitativen Erfassung der Vegetation. Da Pflanzengesellschaften an der Küste einer ständigen Sukzession unterliegen, wurden zwangsläufig auch Übergangsformen verschiedener Gesellschaften kartiert und typisiert.

Grundsätzlich wurde vom Deichfuß bis zum beginnenden, nur spärlich bewachsenen Watt kartiert. Für jede Aufnahmefläche wurde eine Präsenzliste der vorkommenden Pflanzenarten nach ELLENBERG (1956) erstellt (Gesamtliste im Tabellenanhang) und anschließend sowohl die Gesamtdeckung der Vegetation auf der Fläche als auch die Deckung (Dominanz) der einzelnen Arten in Prozent geschätzt (ELLENBERG, 1956). Darüber hinaus wurden alle Besonderheiten, die für die kartographische Darstellung der vorgefundenen Gesellschaften von Bedeutung waren (z.B. Abbruchkanten, Strandwälle), zusätzlich vermerkt.

An die Vegetationsuntersuchungen schloß sich in den schleswig-holsteinischen Untersuchungsgebieten die Nivellierung aller Aufnahmeflächen an, in Niedersachsen mußte aus projekttechnischen Gründen auf derartige Höhenmessungen weitgehend verzichtet werden.

Die Bestimmung der Arten erfolgte u.a. mit Hilfe folgender Literatur: GARCKE (1972), KLAPP (1983), MEYER's Bildleisten (1949), NEUGEBOHRN (1984), ROTHMALER Bd. 2 (1987), ROTHMALER Bd. 3 (1988, 1991).

#### 4.7.4.2 Auswertung der Daten

##### 4.7.4.2.1 Kurze Beschreibung der verwendeten Software "VegTab" und "vEGplan"

Die Verarbeitung der sehr umfangreichen Vegetations-Daten erfolgte mit Hilfe spezieller Software: "VegTab" (in GFA-BASIC; GRANDT, unveröff.) und dem weiterentwickelten "vEGplan" (in TURBO-PASCAL; GRANDT, unveröff.). "VegTab" wurde u.a. für das Pilotprojekt "Sensitivitätskartierung Spiekeroog" (GRANDT & NEUGEBOHRN, 1987) erstellt, "vEGplan" von GRANDT u.a. für die vorliegende Arbeit speziell angepaßt und erweitert. Im Rahmen der Sensitivitätskartierung wurden u.a. folgende Möglichkeiten des menügesteuerten Programmes genutzt (vgl. Kapitel 4.7.4.2.2 und .3):

- Daten-Eingabe und Verarbeitung von Vegetationsdaten-Matrizen (maximal 600 Vegetationsaufnahmen und maximal 400 Arten;
- sukzessive Erweiterung einer Datenbank mit derzeit ca. 800 Pflanzenarten: Gattungs- und Artname, ggf. Unterart sowie Autoren-Namen (Nomenklatur im wesentlichen nach EHRENDORFER, 1973), Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1991) und NEUGEBOHRN (1987), soziologische Kennzahl nach ELLENBERG et al. (1991), Lebens- und Wuchsformen nach RAUNKIAER (ELLENBERG et al., 1991);
- automatische Sortierung der Arten (Zeilen) und Aufnahmen (Spalten) nach bestimmten auswählbaren Faktoren und Parametern sowie manuelle Sortierung;
- Berechnungen: ungewichtete und gewichtete mittlere Ölsensitivität der Aufnahmen nach NEUGEBOHRN (1987), Zusammenfassung von Aufnahmegruppen und Verrechnung der entsprechenden Daten (z.B. zu Typen), Gesellschaftsensitivitätszahl nach NEUGEBOHRN (1987);
- Export der Daten: als ASCII-Files, im Cornell condensed format nach CANOCO (BRAAK, 1987);
- Graphik und Ausdruck: Druck der Vegetations Tabellen, tabellarische Darstellung der verrechneten Daten von Aufnahme-Gruppen, graphische Darstellung von Gruppenanteil und Gruppenmenge (nach TÜXEN & ELLENBERG, 1937), Soziogramme in Matrix-Form (nach PREISINGER, 1985) für Pflanzengesellschaften (s. ELLENBERG et al., 1991), Lebensformen nach RAUNKIAER (s. ELLENBERG et al., 1991) und Strategien nach GRIME et al. (1988).

##### 4.7.4.2.2 Erstellung der Vegetations- und Soziogramm-Tabellen

Nach dem pflanzensoziologischen System nach ELLENBERG et al. (1991) läßt sich - mit Ausnahme der indifferenten Arten - jeder Art eine soziologische Kennzahl zuordnen. Mit Hilfe aller vorkommenden Arten und ihrer soziologischen Kennzahlen kann wiederum eine Zuordnung von unbekanntem Vegetationsaufnahmen zu einer Pflanzengesellschaft nach Artmächtigkeit erfolgen. PREISINGER (1985) entwickelte mit seinen "Soziogrammen" eine graphische Auswertungsmethode, um die Bedeutung der einzelnen Pflanzengesellschaften innerhalb von Vegetationseinheiten optisch herauszustellen. Diese Methode wurde für die Daten-Auswertung bei der Sensitivitätskartierung herangezogen (SUCHROW & NEUGEBOHRN, 1992). Die Bedeutung des Auftretens einzelner Kenn- oder Charakterarten tritt bei diesem Verfahren gegenüber der gesamten Artenzusammensetzung in den Hintergrund, kann aber bei Dominanz ebenfalls mit herangezogen werden und muß es sogar,

sobald ungestörte Vegetationseinheiten vorliegen. Von eindeutiger Zugehörigkeit der untersuchten Fläche zu einer Pflanzengesellschaft kann immer dann ausgegangen werden, wenn mindestens 50% der vorkommenden Arten (Gruppenanteil; TÜXEN & ELLENBERG, 1937) bzw. 50% der Dominanten (Gruppenmenge; TÜXEN & ELLENBERG, 1937) einer Pflanzengesellschaft angehören.

Ausgehend von den im Gelände erhobenen Rohdaten, die 4870 Vegetationsaufnahmen bei 142 Transekten in Schleswig-Holstein und 68 Transekten in Niedersachsen beinhalteten, erfolgte die Erfassung und Auswertung der Daten mit spezieller Software (GRANDT, unveröff.; s. Kapitel 4.7.4.2.1) gebietsweise und tabellarisch: Die Anordnung der Arten richtet sich nach ihrer soziologischen Zugehörigkeit (ELLENBERG et al., 1991); die Anordnung der Aufnahmen folgt im ersten Ansatz der Höhenlage der Flächen zum MTHW und der damit korrelierenden Überflutungshäufigkeit und -dauer (variierender Salzgehalt, Feuchte und N-Versorgung der Flächen begünstigen die Ansiedlung verschiedener Pflanzenarten). Darüber hinaus basiert die Sortierung der Aufnahmen auf der Auswertung der Soziogramme (PREISINGER, 1985) und auf floristischen Gesichtspunkten. Die entstandenen Vegetations- und Soziogramm-Tabellen dienen als Grundlage für weitere Datenauswertungen.

#### 4.7.4.2.3 Aufstellung der Gesellschaftstypen

Innerhalb der Vegetations- und Soziogramm-Tabellen wurden Gruppen ähnlicher Aufnahmen gegenüber anderen Aufnahmegruppen abgegrenzt und als "Gesellschaftstyp" (kurz: "Typ") benannt. Die Typen sind über die floristische Ähnlichkeit hinaus über Dominanz und/oder durch hohe Frequenz von Kennarten im Sinne der Pflanzensoziologie gekennzeichnet. Wie es auch bei der Beschreibung von Pflanzengesellschaften in der Literatur üblich ist, wurden die Kennarten zur Benennung der Typen herangezogen.

Von den Vegetations-Tabellen ausgehend wurden "Typen-Tabellen" (Tab. 5.5.4) erstellt, in denen alle zu einem Typ zusammengefaßten Aufnahmen miteinander verrechnet sind. Die Anordnung der Arten richtet sich - wie auch in den Vegetations-Tabellen - nach ihrer soziologischen Zugehörigkeit (ELLENBERG et al. 1991). Die Anordnung der Typen entspricht ihrer Abfolge mit zunehmender Geländehöhe, basierend auf eigenen Erkenntnissen aus der Gelände-Arbeit sowie in der Literatur beschriebenen Sukzessionsreihen (s. u.a. BEEFTINK, 1977; ELLENBERG, 1986; WESTHOFF, 1987).

#### 4.7.4.3 Beispielhafte Darstellung: Vorland des Rickelsbüller Kooges

Nördlich des Hindenburgdammes wurde von 1979 bis 1981 der Rickelsbüller Koog abgeleitet. Die außendeichs befindlichen Salzwiesen (Abb. 4.7.4.3) gehörten zu den 1987 im Rahmen des Projektes "Sensitivitätskartierung der Salzwiesen" vegetationskundlich erfaßten Gebieten. Durch die Strömungsverhältnisse bedingt, begünstigt(e) eine rasche Sedimentation (sandig-schlickiges bis schlickig-sandiges Sediment) die Ausdehnung des außerhalb des neuen Deiches verbliebenen älteren Vorlandes in westliche bzw. nordwestliche Richtung und damit eine baldige Besiedlung durch höhere Pflanzen. Zu überwiegendem Teil handelt es sich bei den Salzwiesen vor dem Rickelsbüller Koog um junges und daher tiefliegendes Vorland.

Das Vorland ist überwiegend mit Gesellschaftstypen der Unteren Salzwiese - Typen Puc und Ast - bzw. des Anlandungsbereiches - Typen Spa, Sal und SpS - bewachsen (vgl. Kapitel 5.5.3). Lediglich im Bereich des Scheitelpunktes der Deichkurve führte eine ausreichende Aufhöhung des Geländes (älteres Vorland aus der Zeit vor dem Deich-Neubau) zur Ansiedlung zweier Typen der Oberen Salzwiese - Typen Ags und Jug. Insgesamt siedelten in dem

Gebiet zum Zeitpunkt der Kartierung 8 Gesellschaftstypen (Abb. 4.7.4.3).

Ein Teil der Salzwiesen vor dem Rickelsbüller Koog wurde als Schutzzone I des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer ausgewiesen und ist daher unbeweidet. Diese Flächen sind durch hohe *Aster tripolium*-Bestände (Typ Ast) geprägt, die mit Typ Puc (vgl. Kapitel 5.5.3) durchmischt vorkommen. Der größere Teil des Gebietes wurde zum Zeitpunkt der Kartierung von Schafen beweidet, so daß die Höhe des Bewuchses demzufolge gering war. Das Arteninventar erwies sich auf den unbeweideten und beweideten Flächen - soweit es hier erfaßt wurde - als sehr ähnlich.

Im nördlichen Bereich, unmittelbar an der dänischen Grenze (auf der Abbildung 4.7.4.3 nicht mit aufgeführt), geht das schlickig-sandige Substrat in reinen Sand über. Dort kommt es durch verstärkte Treibsel-Ablagerung zur Anreicherung von Nährstoffen, die die Ansiedlung weiterer Pflanzenarten ermöglicht: Neben den Salzwiesen-Arten der Oberen und Unteren Salzwiese treten auch Arten der sandigen Spülsäume, wie *Honkenya peplodes*, und *Agropyron pungens*-Bestände auf.

(Die diesem Kapitel zugrunde liegenden Daten sind Bestandteil des Dissertationsvorhabens von SUCHROW am Fachbereich Biologie der Universität Hamburg).



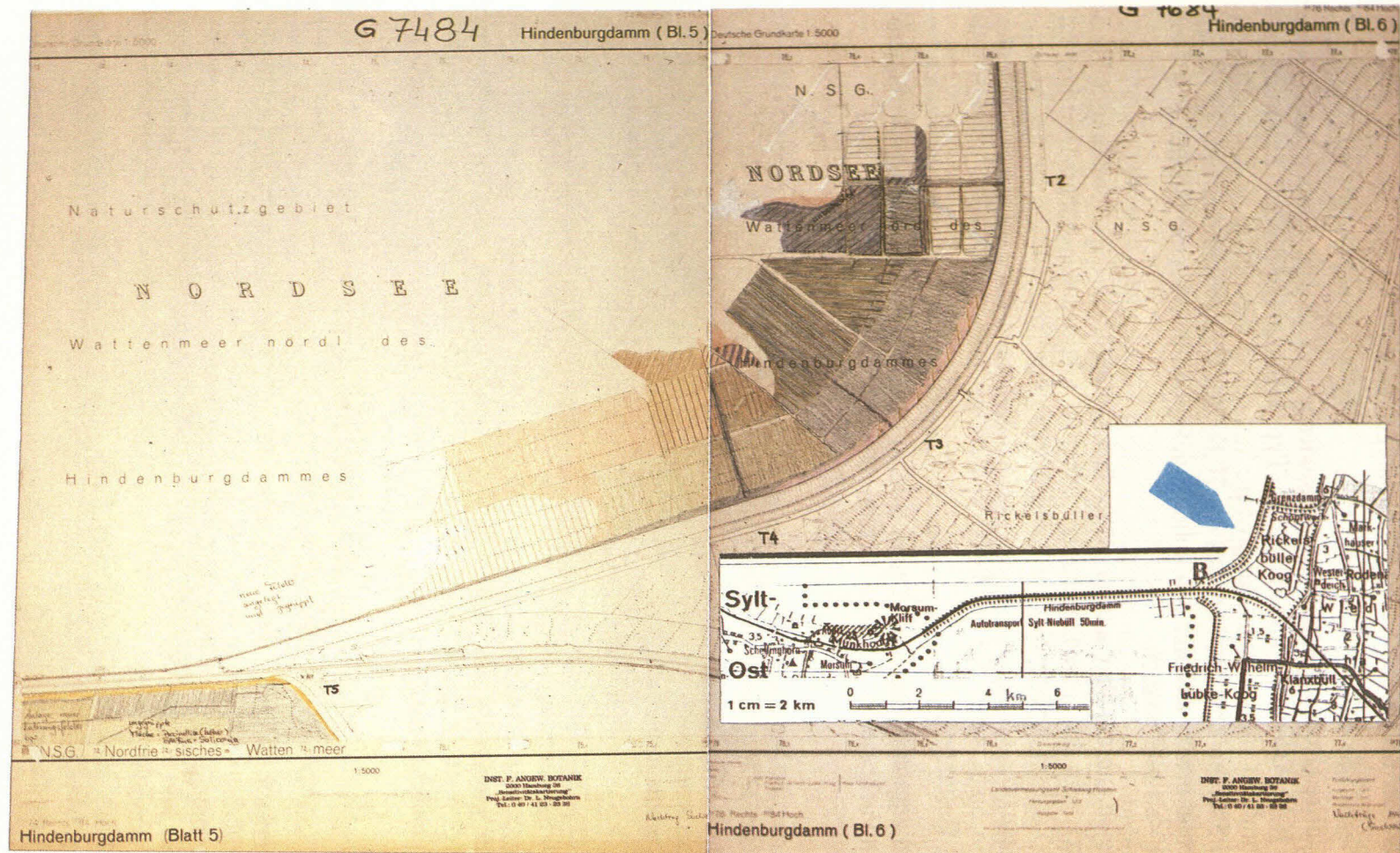


Abb. 4.7.4.3 Gesellschaftstypen - Karten G 7484 und G 7684.  
 Grundlage sind die deutschen Grundkarten 7684 "Hindenburgdamme (Bl.6)" und 7484  
 "Hindenburgdamme (Bl.5)" im Maßstab 1:5000. Der Farbcode für die Gesellschaftstypen  
 ist der Tabelle 5.5.2.1 zu entnehmen.

## 5 SENSITIVITÄTSMODELL

### 5.1 Einleitung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, eine Abstufung der Verletzlichkeit von Wattgebieten gegenüber Ölverschmutzungen nach örtlichen und zeitlichen Maßstäben zu finden.

In dieser "Verletzlichkeitsstudie" sollten sowohl ökologische als auch naturschützerische Aspekte Berücksichtigung finden. Ein weiteres Ziel bestand darin, auf der Basis des erhobenen Datenmaterials in der Lage zu sein, Schäden in weitgehend konkreter Form zu dokumentieren und möglichst differenzierte Handlungsanweisungen zur Reinigung und Restauration geben zu können. Das Resultat sollte einerseits in möglichst einfacher Form darstellbar sein, ohne daß andererseits auf Möglichkeiten der Differenzierung verzichtet werden sollte, diese wurden als unerlässlich angesehen, um der Komplexität des Systems und der Problematik annähernd gerecht werden zu können.

Die Möglichkeiten der EDV erscheinen hier sinnvoll, da nur mit diesem Instrument eine weitestgehende Flexibilität bei der Wichtung von Merkmalen und ein hohes Maß der Differenzierung gewährleistet sind. Darüberhinaus bietet sie die Möglichkeit, den Datenbestand für systemanalytische Zwecke zu nutzen und gegebenenfalls zu erweitern. Die in diesem Ergebnisbericht vorgestellten Karten müssen in diesem Zusammenhang als Vorgriff angesehen werden. Sie zeigen beispielhaft die Möglichkeiten der Darstellung und dienen vor allem der Anschaulichkeit des Bewertungsmodells.

### 5.2 Grundlagen

Eine statistische Bewertung nach rein numerischen Grundsätzen wurde nicht als sinnvoll angesehen, da hiermit der notwendigerweise unterschiedlichen Qualität der Daten und der Wichtung von Einzeldaten kaum Rechnung getragen werden kann. Ebenso blieben willkürliche Vorgaben unvermeidlich; beispielsweise bei der Abgrenzung von Gebieten und bei der zeitlich unterschiedlichen Berücksichtigung von Merkmalen. Die gesamte numerische Bewertung bleibt im linearen System und beruht im wesentlichen auf einer Addition durchaus unterschiedlich errechneter Werte, die in Verbindung mit qualitativen Merkmalen zu Informationen führen deren Nutzung im Anwendungsfall Entscheidungsfreiraum läßt und somit entsprechend ausgebildeten Kräften vorbehalten bleiben muß.

Grundlage aller numerischen Bewertungen war die Berücksichtigung von Artenvielfalt und -häufigkeit sowie qualitativer Parameter der Empfindlichkeit einzelner Arten und, beim Benthos, von Aspekten ihrer systemaren Bedeutung. Die Bewertung der Sedimente findet aufgrund der Wechselwirkung von Ölpersistenz, Sedimentart und Besiedlung Eingang in den "Benthos - Sediment Wert" (Abb. 2.3.4).

Alle Bereiche: Ichthyofauna mit Garnelenbeständen, Avifauna u. Salzwiesen erhalten einen eigenen aus Meßwerten (Zählraten) errechneten Index, der durch Klassenbildung geglättet wird, um eine Gleichstellung der Einzelwerte unabhängig von den Indexunterschieden zu erreichen. Sind mehrere Meßgruppen in einem Bereich integriert (Benthos, Avifauna), so werden entweder übergreifende Indexberechnungen (Benthos) angewendet oder Einzelklassen in erneuter Klassenbildung zusammengefaßt (Avifauna) (Abb. 2.3.5).

Zur örtlichen Abgrenzung wurden den einzelnen Werten bestimmte Gebiete ähnlicher Charakteristik zugeordnet. Eine zeitliche Differenzierung kann nach dem Datenhintergrund

in "WATiS" z.B. in Verbindung mit "REMUS" monatlich erfolgen. Für die erste Kartendarstellung wurde lediglich nach Winter, Frühsommer und Herbst unterschieden. Die Benthos-Sediment-Werte gelten für den Zeitraum Dezember bis März allein, in den übrigen Monaten werden sie von ornithologischen (und fischereilichen) Merkmalen überlagert.

Die Einführung einer "Substratkategorie" ermöglicht eine Abstufung der Empfindlichkeit von Besiedlungsformen allein aus dem Datenbestand des standardisierten Streckenprotokolls der Habitatcharakteristik. Eine derartige Abstufung ist für eine Darstellung auf hoch aggregierter Ebene ausreichend - unter der Voraussetzung, daß die im folgenden geschilderten differenzierten Verletzlichkeitscharakteristika einer Expertenberatung zugänglich sind.

Tabelle 5.2.1 Sedimentkategorie, Wahrheitstabelle für die Sedimentkategorien 1 - 4;  
Sandwich :=  $\Sigma$  (Sandschl, Schlsand, Auflage ), Weitere Erläuterungen zu den Parametern der Sedimentkategorie in Kap. 4.2.4.1

Sedimentkategorie	0	1	2	2	2	3	3	4	4	4
Schillbank	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sand	-	1	1	1	1	-	-	-	-	0
Schlick	-	0	0	0	0	0	0	-	-	1
Sedimentfarbe hell	-	1	1	0	1	0	-	-	0	0
Sedimentfarbe dunkel	-	0	0	1	0	1	-	-	1	1
Arenicola > 1/m <sup>2</sup>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
Sand-auf-Schlick	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
Sandwich	-	0	0	0	0	1	-	-	1	-
Eindringtiefe > 5cm	-	0	-	-	0	0	0	1	1	-
Eindringtiefe > 0cm	-	0	-	-	1	-	-	1	1	-

Tabelle 5.2.2 Substratkategorie, Wahrheitstabelle für die Substratkategorien 1 - 4;  
Teilbesiedlung :  $\Sigma$  (Lanice, Mya, Cerasto, Mytilus);  
starker Schill: starke Schillbedeckung und starke Schilldurchsetzung;  
\*\*: Flächendeckung (%) Zostera marina, Zostera nana beide < 10, mindestens eine > 0 . Weitere Erläuterungen zu den Parametern der Substratkategorie in Kap. 4.2.4.1

Substratkategorie	1	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Arenicola	0-2	0-2	0-2	3	3	0-3	0-3	>3	-	-	-	-	-	-	-	-
Zostera marina	0	0	0	0	<10	<10	<10	<10	**	-	-	-	-	≥10	-	-
Zostera nana	0	0	0	0	<10	<10	<10	<10	**	-	-	-	-	-	≥10	-
Spartina	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fucus	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teilbesiedlung (T)	0	1	≥1	0	≥1	≥2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(T) vorhanden	≥2	1	≥1	≥2	≥1	≥2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kl. Mytilusbänke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	-	-	-	-	-
Mytilusbank	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	-	-	-	-	-
Schillbank	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	1	-	-	-	-
Sedimentkategorie	<3	2	1	1/2	2	2	3	2/3	<4	-	-	-	4	-	-	-
starker Schill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	1

Berücksichtigung finden bei der Einteilung der "Substratkategorie" neben Besiedlungsformen von *Arenicola*, bestimmter Makrophyten und Makroalgen auch die von *Lanice conchilega*, *Mya arenaria*, *Cerastoderma edule* und *Mytilus mytilus*. Die "Sedimentkategorie" insgesamt und die wegen der Gefahr einer "Reservoirbildung" besonders für eine Ölempfindlichkeit bedeutsamen Schillvorkommen werden zusätzlich berücksichtigt.

Die Tabellen 5.2.1 bzw. 5.2.2 zeigen als Wahrheitstabellen die Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, um eine bestimmte Sediment- bzw. Substratkategorie zu erfüllen. Das bedeutet z.B. für die Sedimentkategorie 1, daß das Vorkommen von Schillbänken egal, das von Sand, heller Sedimentfarbe obligatorisch ist, während weder Schlick, noch *Arenicola*, noch "Sandwichstruktur" noch eine Eindringtiefe beobachtet werden darf. Auch eine Sandauflage bleibt unbeachtet.

### 5.3 Bewertung der Einzelbereiche/Arten nach Sensitivitätskriterien

#### 5.3.1 Sedimente

Die Klassenbildung kann einerseits durch eine Einteilung nach dem Anteil der Korngrößenfraktion  $> 0,06$  mm und dem Wassergehalt erfolgen, wobei helle und dunkle Sandwatten nicht nach Ergebnissen der Korngrößenanalysen sondern nach Sedimentansprachen an den Stationen z.T. in Verbindung mit Luftbildauswertungen unterschieden wurden.

Speziell hinsichtlich einer Ölkontamination können aufgrund der Informationen der "standardisierten Streckenbeschreibung" Empfindlichkeitsunterschiede der "Sedimente", hier in Verbindung mit der Besiedlung durch *Arenicola marina*, der Eindringtiefe und der Kennzeichnung von Schillbänken getroffen werden (Abb. 5.3.1). Generell werden schwach oder nicht besiedelte helle Sandwatten als relativ unempfindlich eingestuft (Stufe 1). Dunkle und stärker besiedelte Sandwatten (Stufe 2) wie Mischwatten (Stufe 3) nehmen eine mittlere Stellung ein, während Schlickwatten u.a. wegen der hohen Verletzlichkeit ihrer nur dünn ausgeprägten oxischen Schicht, und Schillbänke wegen der Gefahr einer "Reservoirbildung" durch eingedrungenes Öl hoch eingeordnet werden (Stufe 4).

#### 5.3.2 Benthos

Zur Abstufung der Ölempfindlichkeit von Arten und Gemeinschaften unter Berücksichtigung von Aspekten ihrer systemaren Bedeutung wurden folgende Kategorien gebildet:

1. Physiologische Sensitivität
2. Ökologische Sensitivität
3. Bedeutung als Nahrung
4. Bedeutung für die Metabolisierung organischer Substanzen
5. Verbreitungsfähigkeit
6. (Isolation)
7. Reproduktionsdauer

Innerhalb dieser Kategorien wurde jede Art der Bereiche Makrofauna, Meiofauna, Mikrophytobenthos und auch der Ichthyofauna (s.u.) mit Ladungszahlen (LZ) von 1 - 3 bewertet, wobei 1 schwach oder gering und 3 stark oder hoch entspricht. Die Argumentation zur Einstufung der einzelnen Arten ist unter 5.3.2.1 bis 5.3.2.3 für den Bereich "Benthos" und unter 5.3.2.4 für den Bereich "Ichthyofauna" dargestellt. Aus Gründen der Vergleich-

barkeit von Häufigkeiten wurden die absoluten Abundanzwerte der einzelnen Arten in 5 Abstufungen unterteilt, die für jede Art aus allen gemessenen Häufigkeitswerten wie in Tabelle 5.3.1 dargestellt bestimmt wurden. Für die Bereiche Meiofauna und Mikrophytobenthos wurden Umrechnungsfaktoren anhand der Werte von ausgewählten Terminstationen erstellt, um jahreszeitliche Häufigkeitsunterschiede berücksichtigen und auf einen "Sommerwert" beziehen zu können.

Abundanzgruppe	1	für	$x = N_{\min}$	bis	$1/4 \bar{x}$
Abundanzgruppe	2	für	$x = 1/4 \bar{x}$	bis	$3/4 \bar{x}$
Abundanzgruppe	3	für	$x = 3/4 \bar{x}$	bis	$\bar{x} + 1/4 \sigma$
Abundanzgruppe	4	für	$x = \bar{x} + 1/4 \sigma$	bis	$\bar{x} + \sigma$
Abundanzgruppe	5	für	$x = \bar{x} + \sigma$	bis	$N_{\max}$

Wobei

- $x$  die Häufigkeit pro Art,  
 $\bar{x}$  der Mittelwert der Häufigkeiten pro Art,  
 $\sigma$  die Standardabweichung,  
 $N_{\min}$  der kleinsten und  
 $N_{\max}$  der größten beobachteten Anzahl von Individuen entspricht.

Die arithmetische Wertung der einzelnen Art (A1) ergibt sich damit nach:

$$\text{Index}_{(A1)} = (x \text{ LZ}_{S1} * A_{S1}) / (x \text{ LZ}_{\max} * A_{\max})$$

wobei

- $x \text{ LZ}_{S1}$  die mittlere Ladungszahl für Art 1,  
 $A_{S1}$  die Abundanzgruppe für Art 1,  
 $x \text{ LZ}_{\max}$  die maximale mittlere Ladungszahl und  
 $A_{\max}$  die maximale Abundanzgruppe

Die arithmetische Wertung einer Station wird durch die Summe der Art - Indices multipliziert mit dem Klassenwert für das Sediment  $K_s$  - bestimmt:

$$\text{Stationsindex} = (\text{Index}_{(A1)} + \text{Index}_{(A2)} + \dots + \text{Index}_{(An)}) * K_s$$

höchster Wert = offen, kleinster Wert = 0,06

Diese Indizes werden für alle erfaßten benthischen Arten aufsummiert und auf 4 Klassenwerte normiert. Dies wird im weiteren als Benthos-Sediment Klasse bezeichnet.

#### Örtliche Gliederung

Den Klassenwerten der einzelnen Stationen werden Areale zugeteilt, deren Grenzen nach der Sedimentkarte, Höhenlinien und Besiedlungsdaten sowie nach den Informationen aus Begehungsprotokollen (Habitatcharakteristik) festgelegt wurden.

#### Zeitliche Gliederung

Für die Makrofauna wurde auf die Dokumentation zeitlicher Unterschiede verzichtet. Für die Meiofauna und das Mikrophytobenthos lassen sich zeitlich differenzierte Stationsindices anhand der extrapolierten Werte der Terminstationen näherungsweise bestimmen. Sie werden bei der Sensitivitätseinteilung allerdings nicht berücksichtigt, so daß die mit den gefundenen Höchstwerten gebildeten Klassenwerte für den gesamten Bereich "Benthos - Sediment" über das ganze Jahr gelten.

### 5.3.2.1 Makrofauna

#### Physiologische Sensitivität gegenüber Öl

Die physiologische Sensitivität wurde in Anlehnung an die von HEIBER (1985) erstellte Empfindlichkeitsabstufung nach der Abundanzdynamik bei Erdölkontamination beurteilt. Da nicht alle aufgeführten Arten in der Literatur erwähnt werden, mußten bei manchen Arten Rückschlüsse auf Reaktionen verwandter Arten oder solchen mit ähnlicher Lebensweise gezogen werden.

Bei den in unterschiedlichen Altersstufen aufgeführten Bivalviern wurden adulte und juvenile Formen gleich bewertet. Die epibenthischen Brutstadien wurden als hoch sensitiv eingestuft, da nach Kontamination der Brutfall nachweislich behindert ist.

Die Ladungszahlen (LZ) werden folgendermaßen vergeben:

- LZ = 1 Arten, die bei Verölungsversuchen nur mit geringen Abundanzabnahmen reagieren.
- LZ = 2 Arten, die deutlich mit Abundanzrückgang reagieren.
- LZ = 3 Arten, die mit erheblichen Abundanzrückgängen reagieren und bei denen eine Wiederbesiedlung nur sehr langsam voran geht.

#### Ökologische Sensitivität gegenüber Öl

Im Gegensatz zur physiologischen Sensitivität der Makrofaunaarten, die aus Erkenntnissen von Kontaminationsversuchen ableitbar ist, läßt sich eine ökologische Sensitivität nach der Siedlungsweise und der bevorzugten Sedimentart bestimmen: Arten, die überwiegend in sandigen Sedimenten vorkommen, sind Misch- und Schlickwattarten gegenüber im Vorteil, da die Ölpersistenz mit abnehmenden durchschnittlichen Korngrößen zunimmt und die Dauer der Ölexposition bei den Weichbodenarten somit höher ist. Endobenthisch lebende Arten sind nur bei kurzfristigen, oberflächlichen Verschmutzungen weniger sensitiv als epibenthische Arten.

Neben der Siedlungsweise ist die Art der Nahrungsaufnahme von Bedeutung: ELMGREN et al. (1980) stellten z.B. fest, daß filtrierende Benthosorganismen eine gegenüber räuberischen oder substratfressenden Arten besonders hohe Empfindlichkeit aufweisen.

Die Ladungszahlen (LZ) werden folgendermaßen vergeben:

- LZ = 1 Sandwattbewohner mit vorwiegend endobenthischer Lebensweise, die sich als Substratfresser oder Räuber ernähren.
- LZ = 2 Sandwattbewohner, die zumindest zur Nahrungsaufnahme an die Oberfläche kommen und Mischwattbewohner, die sich nicht filtrierend ernähren. Außerdem endobenthische Schlick- und Mischwattbewohner, die auch in sauerstoffarme Watthorizonte vordringen und deshalb toleranter auf Erniedrigung des Sauerstoffgehaltes nach Ölverschmutzungen reagieren als andere Arten.
- LZ = 3 Alle Tentakelfänger, Strudler und Filtrierer sowie vorwiegend an der Oberfläche siedelnde Schlickwattarten.

#### Bedeutung als Nahrung

Bei der Bewertung muß davon ausgegangen werden, daß die meisten der aufgeführten Arten Beutetiere für Fische und Vögel sind. Einige Arten, wie z.B. *Nereis diversicolor* und viele Muschelarten finden sich jedoch häufiger in den Listen der Beutetiere von Fischen und Vögeln als andere (REINEKING, 1986; EHLERT, 1964; FARKE und HAUSMANN,

1971). Es handelt sich überwiegend um die Arten, die auch Hauptanteile an der durchschnittlichen Gesamtbio­masse im Wattenmeer bilden. Nach BEUKEMA (1981) beträgt dieses Durchschnittsgewicht im niederländischen Watt 26,6 g aschefreies Trockengewicht pro Quadratmeter. Knapp 99 % davon (26,2 g) werden von nur 14 Arten gebildet.

Ähnliche Berechnungen bestehen für Wattflächen bei Borkum (OBERT, 1982). Die Bedeutung von Makrofaunaarten als Nahrung erfolgte in Anlehnung an die von BEUKEMA angegebenen Durchschnittsgewichte der biomassedominanten Arten.

Die Ladungszahlen (LZ) werden folgendermaßen vergeben:

- LZ = 1 Arten, die durchschnittlich weniger als 0,1 g ATG/m<sup>2</sup> aufweisen und vermutlich nur ausnahmsweise als Beutetier dienen.
- LZ = 2 Arten, die durchschnittlich weniger als 0,1 g ATG/m<sup>2</sup> aufweisen, aber häufig als Beutetier für Fische und Vögel angegeben werden.
- LZ = 3 Arten, die durchschnittlich über 0,1 g ATG/m<sup>2</sup> aufweisen.

#### Bedeutung für die Metabolisierung organischer Substanz

Anhand dieses Kriteriums soll die direkte oder indirekte Beteiligung einer Art am Ölabbau bewertet werden. ZEEK und MATUSCHEK (1984) vermuten zwar, daß einige marine Anneliden über Enzyme zum Abbau aromatischer Kohlenwasserstoffe verfügen, ein Nachweis liegt aber nicht vor.

Eine positive Beeinflussung des Ölabbaus durch Makrobenthosorganismen besteht in der bioturbativen Aktivität einiger endobenthischer Arten. Gerade in den schlecht durchlüfteten, lagestabilen Sedimenten wird die Sauerstoffversorgung durch die Wühltätigkeit im Boden verbessert und so die Wirkung ölabbauender Mikroorganismen begünstigt. Besonders wirkungsvoll sind Arten, die in hohen Dichten auftreten und entweder durch den Bau von Wohn­gängen zur Durchlüftung des Bodens beitragen oder sich auf Nahrungssuche durch das Sediment arbeiten.

Misch- und Schlickwattarten mit substrat- oder epistratfressender Ernährungsweise haben neben ihrer möglichen direkten Beteiligung am Ölabbau zudem eine positive bestandsregulierende Wirkung auf Destruenten und sind höher zu bewerten als filtrierende und räuberische Arten. Niedrige Ladungszahlen bekommen epibenthische sessile Arten, da sie kaum zur Metabolisierung organischer Substanz im Boden beitragen.

Die Ladungszahlen (LZ) werden folgendermaßen vergeben:

- LZ = 1 Arten, die vorwiegend in oder auf detritusarmen Sandsedimenten leben und kaum bioturbativ tätig sind oder suspensionsfressende sessile Arten.
- LZ = 2 Arten, die aufgrund ihrer Ernährungsweise kaum am Abbau organischer Substanz beteiligt aber bioturbativ tätig sind.
- LZ = 3 Arten, die in oder auf Sedimenten mit hohem Anteil an organischer Substanz leben und als Substrat- oder Epistratfresser erheblich am Abbau organischer Substanz beteiligt sind.

#### Ausbreitungsfähigkeit

Bei der Wiederbesiedlung von Wattflächen nach Populationseinbrüchen durch Öl sind einige Arten durch ihre Mobilität anderen Arten gegenüber im Vorteil. Von übergeordneter Bedeutung ist die Bewegungsfähigkeit der adulten Stadien. Schwimmbfähige Arten haben ein

besseres Ausbreitungsvermögen als sessile Arten. Frühere Untersuchungen (OHDE, 1981 und neuere) ergaben allerdings bei Planktonbefischungen im Tidestrom der Robinsbalje (HEIBER, 1985), daß auch einige sessile Arten (z.B. *Mytilus edulis*, *Cerastoderma edule*) noch im juvenilen oder sogar adulten Stadium Standortveränderungen durch Verdriftung vornehmen können.

Da die Wiederbesiedlung von ölverschmutzten Wattflächen mehrere Monate bis Jahre in Anspruch nehmen kann, ist auch der Fortpflanzungsmodus einer Art von Bedeutung. Vor allem bei größerer Entfernung der Restpopulation von der siedlungsfreien Fläche sind Arten mit einer Entwicklung über planktische Larvalstadien gegenüber solchen mit rein benthischer Entwicklung begünstigt und werden deshalb als weniger sensitiv eingestuft.

Die Ladungszahlen (LZ) werden folgendermaßen vergeben:

LZ = 1 Schwimmfähige Arten mit Entwicklung über ein planktisches Larvalstadium.

LZ = 2 Eingeschränkt bewegliche Arten (z.B. nur im juvenilen Alter verdriftungsfähig) mit planktischem Larvalstadium oder schwimmfähige Arten mit benthischer Entwicklung.

LZ = 3 Eingeschränkt bewegliche Arten ohne planktisches Larvalstadium.

#### Isolation im Untersuchungsgebiet

Dieses Kriterium findet für die bei dieser Untersuchung angetroffenen Makrofaunaarten keine Anwendung, da es sich auch bei Arten mit geringer Stetigkeit um relativ häufige Arten handelt, die bei einer intensiven flächigen Beprobung ihres Lebensraumes größere Verbreitung aufweisen würden. Aus den früheren Untersuchungen des Gebietes sind dagegen Arten bekannt, die aufgrund ihrer isolierten und kleinen Populationen als seltene Arten bewertet werden müssten. Diese Arten wurden bei der Sensitivitätskartierung nicht angetroffen.

#### Reproduktionsdauer

Die Dauer der Laichperiode im Jahreszyklus ist ein wichtiger Faktor im Wiederbesiedlungsverhalten einer Art. Für Arten, die über lange Zeiträume zur Eiablage befähigt sind, ist die Chance einer schnellen Besiedlung freier Flächen durch die andauernde Produktion von Larvalstadien größer als für Arten, deren Laichperiode auf wenige Wochen begrenzt ist. Die meisten Arten weisen im Frühjahr bis Frühsommer eine hohe Reproduktion auf, die entweder - z.B. bei *Anaitides mucosa* - schon nach drei bis vier Wochen beendet ist oder sich bis Ende des Sommers (z.B. *Magellona papillicornis*), bei manchen Arten (z.B. *Polydora ciliata*) bis zum Jahresende fortsetzen kann.

Als hochsensitiv in diesem Kriterium werden Arten mit nur kurzer Reproduktionsdauer bewertet. Als Reproduktionsdauer wird die Zeit angenommen, in der bei Durchlaufen eines pelagischen Entwicklungsstadiums Larven im Plankton, adulte Individuen mit Geschlechtsprodukten (z.B. Oligochaeten), eiertragende Individuen (Decapoden, Hydrobia ulvae) oder Laichkokons (*Scoloplos armiger*, *Anaitides mucosa*) angetroffen werden.

Die Ladungszahlen (LZ) werden folgendermaßen vergeben:

LZ = 1 Arten mit nahezu ganzjähriger Reproduktionsphase .

LZ = 2 Arten, deren Reproduktion nur innerhalb von vier bis sechs Monaten im Jahr stattfindet.

LZ = 3: Arten, deren Reproduktion innerhalb von ein bis drei Monaten im Jahr stattfindet.



### Wirtschaftliche Bedeutung

Direkte wirtschaftliche Bedeutung haben von den Makrofaunaorganismen nur die Speisemuscheln *Cerastoderma edule* und *Mytilus edulis*, denen beiden die Ladungszahl 3 in diesem Kriterium zugeordnet wurde.

#### 5.3.2.2 Meiofauna

Angaben über unterschiedliche physiologische Sensitivität der im Wattenmeer angetroffenen Arten liegen nur spärlich vor. Sie betreffen 10 Arten, die in Laborexperimenten auf Verölung des Sediments mit teilweise unterschiedlicher Letalität reagierten (SACH,1984). Während einige Arten bereits nach 36 h ausfielen, war dies bei anderen erst nach 72 h und später der Fall. Diesen Ergebnissen entsprechend wurde eine Einstufung der Arten in hoch-, mittel- und schwachsensitiv vorgenommen. Die ökologische Sensitivität betreffend, lassen sich Harpacticiden nach habitatbezogenen Gesichtspunkten gliedern, einerseits in oberflächenbewohnende (epibenthische), im Sediment wühlende (endobenthische) und im Lückensystem größerer Sedimente lebende (interstitielle) Arten und andererseits in schlickige oder sandige Watten bevorzugende Arten. Ferner lassen manche Arten Präferenzen für bestimmte Höhenlagen erkennen, wodurch sich eine weitere Möglichkeit der Unterteilung bietet. Die Verschiedenartigkeit der Habitate in Bezug auf die hydrodynamischen Verhältnisse bringt es mit sich, daß die Arten durch eine Verölung des Watts unterschiedlich stark gefährdet sind. Diese Erkenntnisse werden in ein Bewertungsschema für Sensitivität umgesetzt.

Interstitialle Arten leben gegenüber Epi- und Endobionten in größeren Sedimenten, wie sie sich vor allem im Bereich von Brandungswällen sowie an Kanten der seeseitigen Priel- und Rinnenabschnitte finden. Die Eigenheiten solcher Gebiete liegen darin, daß ein großer Teil des durch Wellen und Tide aufgelaufenen Wassers durch das Sediment wieder abfließt. Es ist davon auszugehen, daß im Falle einer Ölverschmutzung ein Teil des Öls auf diesem Weg in das Sandlückensystem gerät und dieses durch Verkleben der Sandkörner und durch Eintrag toxischer Substanzen für die Harpacticiden unbewohnbar wird. Interstitialräume müssen darum als besonders gefährdet und die dort lebenden Tiere als hochsensitiv eingestuft werden. Ebenfalls als hochsensitiv werden die Bewohner von Misch- und Schlickwatten bewertet.

Vom Gezeitenstrom aufs Watt verfrachtetes Öl wird sich besonders hier absetzen und unter Umständen einsedimentieren. Einen weiteren Verbreitungsschwerpunkt von Harpacticidenarten bilden sandige Watten mit ca. 3% bis 10% Schluff oberer und mittlerer Höhenlage. Derartige Sedimente nehmen, bezüglich einer Gefahr des Einsedimentierens und der Persistenz von Öl, eine Mittelstellung ein zwischen Misch-/Schlickwatten einerseits und meist strömungsexponierten Sandwatten niedriger Höhenlage andererseits.

Die Bedeutung als Nahrung für höhere trophische Level betreffend hat sich in den letzten Jahren die Meinung durchgesetzt, daß Harpacticiden eine bedeutende Nahrungsquelle besonders für bodenlebende Fischlarven und Jungfische darstellen können (Zusammenfassung bei HICKS & COULL,1983). Welche Arten im Wattenmeer einem hohen und welche einem geringeren Feinddruck seitens der Makroorganismen ausgesetzt sind, wird sich im einzelnen kaum entscheiden lassen. Darum werden alle epi- und endobenthischen Arten als hochsensitiv eingestuft.

Auch in der Kategorie "Bedeutung für die Metabolisierung organischer Substanz" ist eine

Klassifizierung der Arten kaum möglich. Es wird angenommen, daß Meiofauna-Organismen einen wichtigen Einfluß auf das Wachstum und somit auf die Metabolisierungsrate von Bakterien haben, indem sie durch Wegfraß letztere in der Exponentialphase ihres Wachstums halten (GERLACH,1978). Bakteriovore Harpacticiden müßten demnach einen höheren Rang in der Sensitivitätsbewertung einnehmen als etwa Algenfresser. Eigene Erfahrungen sprechen aber eher dafür, daß die meisten wattbewohnenden Harpacticiden nicht auf bestimmte Nahrungsquellen spezialisiert sind. Die Verdauungstrakte vieler als bakteriovor bekannter Arten enthalten nämlich oft in wechselnder Menge auch Diatomeen oder Cyanophyceen. Der Einfluß der Harpacticiden auf die Metabolisierung organischer Substanz wird aber schon auf Grund ihrer allgemein hohen Präsenz bedeutend sein, so daß alle Arten als hochsensitiv eingestuft werden.

Das Ausbreitungsvermögen wird wesentlichen Einfluß auf die Rückbesiedlung eines zuvor durch Ölkontamination entvölkerten Lebensraums haben. Will man diesen Faktor als Sensitivitätskriterium verwenden, so müßte geklärt werden, ob sich Harpacticiden überhaupt aktiv ausbreiten können und ob es gegebenenfalls von Art zu Art diesbezügliche Unterschiede gibt. Direkte Hinweise auf das Dispersionsvermögen eulitoral Harpacticiden liegen nicht vor, abgesehen von Angaben über die Rückbesiedlung nach Ölundfällen (z.B. WORMALD,1976; GIERE,1979; BOUCHER,1980; FRICKE et al.,1981) bzw. von Ergebnissen aus kleinräumigen Freilandexperimenten (SHERMAN & COULL,1980; THISTLE,1980; CHANDLER & FLEEGER,1983).

In der Ölliteratur fehlen aber Angaben über die Dispersionswege und es bleibt auch offen, ob das Sediment für alle Arten, also auch für die ölempfindlicheren, besiedelbar war. Bei den kleinräumigen Experimenten waren die Dispersionswege sehr kurz, so daß die vollständige Wiederbesiedlung bereits nach kurzer Zeit abgeschlossen war. Immerhin geben THISTLE (1980) und CHANDLER & FLEEGER (1983) Hinweise auf eine unterschiedliche Dispersionsgeschwindigkeit einzelner Arten und letztere außerdem auf den Weg der Ausbreitung, ob durch das Wasser oder durch das Sediment: Oben offene Versuchsbehälter, die also nur schwimmend erreicht werden konnten, waren nach 2 Tagen vollständig besiedelt, während dies bei einem oben geschlossenen und unter der Sedimentoberfläche offenen Kasten selbst nach 28 Tagen noch nicht der Fall war.

Daß sich Harpacticiden im Gezeitenplankton aufhalten, wurde von mehreren Autoren festgestellt (BELL & SHERMAN,1980, SIBERT,1981; HEIBER,1985). Es bleibt in diesen Arbeiten aber offen, ob dies durch Verdriftung oder aktives Aufschwimmen geschehen ist. PALMER & BRANDT, (1981) vermuten für schlickige Watten passiven Transport. Sie fanden in Bodenproben, die im vollen Gezeitenstrom entnommen wurden, geringere Dichten als in Proben aus der Stauwasserperiode. Daß Harpacticiden aber auch freiwillig das Sediment verlassen, geht aus mehreren anderen Untersuchungen hervor (HAUSPIE & POLK,1973; SCHEIBEL & RUHMOHR,1979; ARMONIES,1988a, b,1989). Beides, passive und aktive Ausbreitung, kommt also in Betracht und es stellt sich die Frage, welche der beiden Möglichkeiten bei den wattbewohnenden Arten eine Rolle spielt.

Um diese Frage zu untersuchen, wurde während der gesamten Untersuchungsperiode in verschiedenen Wattgebieten Plankton mit einem Stellnetz sowohl dicht über Grund als auch in der höheren Wassersäule, gefangen. Je nach Häufigkeit ihres Auftretens in der einen oder anderen Netzkammer wurden die Arten als mittelsensitiv bzw. schwachsensitiv eingestuft; hochsensitiv waren dagegen jene, die nie im Plankton angetroffen wurden.

Mit Einführung der Kategorie "Isolation" sollte dem Umstand Rechnung getragen werden, daß Arten mit weiter Verbreitung kürzere Dispersionswege haben, bei der Rückbesiedlung ehemals verölkter Gebiete also im Vorteil gegenüber Arten mit kleineren Verbreitungsgebieten sein werden. Als Maß für die Isolation wurde die Frequenz, also die prozentuale Häufigkeit der Proben mit der betreffenden Art, in verschiedenen Sedimenttypen gewählt. Die Reproduktionsdauer wird ebenfalls Einfluß auf die Rückbesiedlung haben, denn Arten mit langer Fortpflanzungsperiode wird auch für längere Zeit ein Regenerationspotential aus nicht kontaminierten Gebieten zur Verfügung stehen als Arten mit kurzer Reproduktionsphase. Unter den 17 daraufhin untersuchten Arten fanden sich 9 mit dreimonatiger, 7 mit halbjähriger und 1 mit mehr als halbjähriger Fortpflanzungsperiode. Dieser Reihenfolge entsprechend, wurden sie als hoch-, mittel- und schwachsensitiv eingestuft.

### 5.3.2.3 Mikrophytobenthos

Die Bewertung der Arten nach den aufgestellten sieben Sensitivitätskriterien erfolgt nach den Lebensraumtypen. Sie ist noch als unvollständig anzusehen, da die speziellen Ansprüche der einzelnen Arten noch weitgehend unbekannt sind. So sind die Bewertungszahlen nach einem groben systematischen Raster erfolgt, einzelne Arten wurden nach genaueren, erst in den Projekten "Öl im Watt" gewonnenen Erkenntnissen eingestuft.

Ebenfalls verhindert die zum Teil grobe taxonomische Aufschlüsselung der Lebendauszählung eine nach Arten differenzierende Bewertung. In dem derzeitigen finanziellen Rahmen des Projektes ist die taxonomische Auswertung der obligat hergestellten Einschlußpräparate nicht vorgesehen und nicht möglich. Eine grobe Einteilung, die auch allgemein den Besiedlungsformen unterschiedlicher Sedimente folgt, ist die nach taxonomischen Einheiten. Vertreter der Ordnung Centrales sind im sandigen Bereich anzutreffen, oftmals aus dem Plankton stammend. überwiegend wird der grobsandig-sandige Bereich von Vertretern aus der Ordnung Pennales, Unterordnungen Araphidineae und Monoraphidineae besiedelt. Die Bewohner des Misch- und Schlickwattes gehören der Unterordnung Biraphidineae der Ordnung Pennales an.

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand ergibt sich eine Abstufung der Empfindlichkeit gegenüber Ölkontamination von den Araphidineae und Monoraphidineae als weniger sensible Gruppen zu den Biraphidineae als hochsensible Gruppe. Die Aufwuchsform steht damit im Einklang: Die Vertreter der Araphidineae und der Monoraphidineae sind fest dem Substrat angewachsen und kommen vorwiegend unterhalb der Sedimentoberfläche vor, die Vertreter der Biraphidineae sind mobil und wachsen an der Sedimentoberfläche.

Die unterschiedliche Empfindlichkeit ist offensichtlich in der Morphologie der Zelle zu suchen. Die festgewachsenen Diatomeen besitzen eine stabile organische Außenhaut und haben, zumindest im festgehefteten Zustand, kein Binnenplasma an der Oberfläche der Zelle. Die beweglichen Biraphidineae dagegen zeigen durch ihren Bewegungsapparat, genannt Raphe, einen ständigen Kontakt des Binnenplasmas mit der Außenwelt. Dabei kommt schnell auch ein Kontakt mit Schadstoffen, wie z.B. Öltröpfchen, zustande, sperrt den Plasmafluß, und die Zelle wird bewegungsunfähig. Es kommt dann zu Unregelmäßigkeiten bei der Zellteilung und meist auch nach einer gewissen Zeit zum Absterben der Zelle.

Nachfolgend sind die Kriterien für die Bewertung der Diatomeen-Arten für den bisherigen Teil des Projektes aufgeführt:

Physiologische Sensitivität gegenüber Öl

Geringe Reaktion auf Öl = 1

Starke Reaktion auf Öl = 3

Bewertungsgrundlage sind die Ökotypen:

1 = vorwiegend sessile Arten

2 = hemisessile Arten

3 = mobile Arten

Ökologische Sensitivität gegenüber Öl

Grundlage dieser Bewertung ist das bevorzugt besiedelte Sediment. Oberflächenbesiedlung gilt als höher sensitiv (= 3), als unter der Oberfläche.

1 = vorwiegend Sandwattbewohner

2 = vorwiegend Mischwattbewohner

3 = Schlickwattbewohner

Bedeutung als Nahrung

Die Abstufung geht von geringer Bedeutung (= 1) bis hoher Bedeutung (= 3). Kriterien sind die Verfügbarkeit für niedere (Ciliaten) und höhere (Brandgans, Meeräsche) Organismen nach Häufigkeit in der Population und der Art der Besiedlung. Mobilien und massenhaft auftretenden Arten mit belagsbildenden Eigenschaften kommt hier die höhere Bedeutung zu, vereinzelt vorkommende und flach sessil siedelnden Arten die geringere Bedeutung.

1 = geringe Bedeutung

2 = Bedeutung auf niederem Trophiebereich

3 = Bedeutung auf hohem Trophiebereich

Bedeutung für die Metabolisierung organischer Substanzen

Hier werden folgende Kriterien herangezogen:

— Beitrag zur Sauerstoffversorgung und zur Stoffproduktion,

— Beitrag zum Abbau organischer Substanzen.

Arten, deren Besiedlung bis in größere Sedimenttiefen reicht und die heterotrophe oder teil-heterotrophe Eigenschaften haben, kommt hier eine besondere Bedeutung zu.

1 = geringe Bedeutung

2 = mäßige Bedeutung

3 = große Bedeutung

Die Angaben müssen als grobe  
Einschätzungen gesehen werden.

Ausbreitungsfähigkeit

Arten mit größerer Verteilungstendenz sind Sessilplankter und mobile Arten. Sessile Arten werden als standorttreu eingestuft, insbesondere wenn sie unterhalb der Sedimentoberfläche leben.

1 = gute und permanente Verbreitungsfähigkeit (Sedimentplankter)

2 = gute Verbreitungsfähigkeit (mobile Arten, Oberflächenbesiedler)

3 = schlechte Verbreitungsfähigkeit (sessile Arten)

Isolation

Hier wird das inselartige Auftreten einzelner Arten als hochsensitiv gewertet. Für Diatomeen ist diesbezüglich wenig bekannt. Alle Arten bekommen die Kategorie 1 und gelten als allgemein verbreitet. Ausgenommen ist die Art *Nitzschia navicularis*, die nur in bestimmten ufernahen Bereichen siedelt.

### Reproduktionsdauer

Für Diatomeen kann eine Reproduktion über das ganze Jahr angenommen werden, daher werden alle Arten in die Kategorie 1 gestellt.

- 1 = Reproduktion findet das ganze Jahr über statt
- 2 = Reproduktion innerhalb von vier bis sechs Monaten
- 3 = Reproduktion nur in ein bis drei Monaten im Jahr

Neben der Autökologie spielt auch noch die Besiedlungsform eine Rolle.

Die Mikroalgenpopulationen der Wattflächen sind überwiegend in der Oxidationsschicht verteilt, Sandwatten sind bis in mehrere Zentimeter Sedimenttiefe besiedelt, Schlickwatten nur an der Sedimentoberfläche. Auch diesbezüglich gilt für die feineren Sedimente eine höhere Sensitivität, da das Öl die lebende Mikroflora der Sedimentoberfläche treffen würde (siehe auch Kapitel 5.3.1).

#### 5.3.2.4. Fische und Garnelen

##### Physiologische Sensitivität gegenüber Erdöl - Kohlenwasserstoffen:

Wie in Kapitel 4.5.2 beschrieben, sind die physiologischen Effekte nach einer Ölkontamination bei Fischen, Fischeiern, -brut und bei Garnelen vielfältig: Sie reichen von Gewebede- generation und Siechtum bei adulten Tieren bis zu hoher Mortalität bei Eiern und Larven. Es erfolgte daher die Einstufung der physiologischen Sensitivität gegenüber Erdöl für alle Teile der untersuchten Fauna mit 'hochsensitiv' (Ladungszahl 3). Bei Arten, die nicht in der Litera- tur erwähnt sind, wurden Analogieschlüsse zu Arten mit ähnlicher Lebensweise und/oder gleichen Entwicklungsstadien im Watt gezogen.

##### Ökologische Sensitivität gegenüber Erdöl - Kohlenwasserstoffen:

Die Bewertung der ökologischen Sensitivität erfolgt nach der Reproduktions-, Ernährungs- und Siedlungsweise einer Art im Wattenmeer:

Die Ladungszahlen (LZ) werden folgendermaßen vergeben:

- LZ = 1 Arten, die nicht auf das Watt als Siedlungs- oder Nahrungsraum angewiesen sind, und die damit bei einer Ölkontamination ohne Schaden in das Sublitoral auswei- chen können.
- LZ = 2 Arten, die auf das Wattenmeer als Lebensraum (oft nur kurzzeitig) angewiesen sind, die jedoch kontaminierte Wattenbereiche verlassen können, wobei dann leichte Schädigungen (Wachstumshemmungen) und Abundanzrückgänge zu erwarten sind.
- LZ = 3 Arten, die auf das Watt angewiesen sind, die eine oder mehrere Lebensphasen obli- gat im Wattenmeer verbringen und die aufgrund ihrer epibenthischen Lebensweise bei Ölkontamination schwer geschädigt werden.

##### Reproduktionsdauer

Die Bewertung erfolgte nach Häufigkeit und Dauer der Laichperioden der Arten. So ist z.B. eine Art mit mehrmaligem Ablaichen im Jahr eher zur Wiederbesiedlung nach einer Ölkon- tamination befähigt und damit geringer sensitiv, als eine Art mit nur einer kurzen Laich- periode: Einzig Crangon wurde mit der Ladungszahl = 2 bewertet, da die Garnelen bis zu viermal im Jahr laichen. Alle Fische wurden dagegen mit "hochsensitiv" (= 3) bewertet, da sie sich nur einmal im Jahr reproduzieren, und da bei einer Ölkontamination während der Laichperiode oder der empfindlichen Larvenphase der gesamte Jahrgang betroffen ist.

Bedeutung als Nahrung

Die Bewertung in Ladungszahlen (LZ) erfolgt nach Anzahl und Häufigkeit der Freißfeinde:

LZ = 1 Arten, die nicht oder nur ausnahmsweise gefressen werden.

LZ = 2 Arten, die nur eine beschränkte Zahl von Freißfeinden haben.

LZ = 3 Arten, die wichtige Beutetiere sind und deren Wegfall aus dem Faunenspektrum nach einer Ölkontamination das Nahrungsnetz empfindlich stören würde.

Ausbreitungsfähigkeit

Alle untersuchten Arten wurden wegen hoher Mobilität als "gering sensitiv" (= 1) eingestuft.

Wirtschaftliche Bedeutung

Um die fischereilich genutzten Arten gegenüber den nicht befischten aufzuwerten, wurde ein Faktor "wirtschaftliche Bedeutung" eingeführt und in die Berechnungsformel aufgenommen. Mit der Ladungszahl 1 wurden alle nicht befischten Arten bewertet. Die in geringem Umfang genutzten Arten wurden der Ladungszahl 2 zugeordnet, während die intensiv befischten Garnelen und alle Plattfische mit der Ladungszahl 3 bewertet wurden. Eine Aufnahme der Fisch- und Garnelenbestände in die Sensitivitätsbewertung bleibt der Expertenberatung vorbehalten. Sie ist derzeit noch nicht Bestandteil der Kartenausdrucke.

## 5.3.2.5 Vögel

Die Bestandsdaten entstammen ausschließlich der Literatur, es wurden keine Zählungen durchgeführt. Die drei Bereiche: Brutvogel-, Rastvogel- und Mauserbestand werden einmal wegen der großen qualitativen Unterschiede einer getrennten und zusätzlich einer übergreifenden Bewertung unterzogen.

A Brutvogelbestand

Die Liste der berücksichtigten Vogelarten umfaßt, wie oben erwähnt, Arten, die den "Wasservögeln im weiteren Sinne" (nach Ramsar - Konvention) zugeordnet werden, wobei Schwäne und Rallen unberücksichtigt bleiben und unter Gänsen, Enten und Wattvögeln relevante Arten ausgewählt wurden. Die ausgewertete Literatur wird jeweils bei der Brutbestandsaufstellung der einzelnen Teilgebiete genannt. Hauptsächlich beruhen die Brutvogel-daten auf dem Brutbestand der Jahre 1982 und 1984 (TAUX, 1984, 1986). Sofern verfügbar wurden diese Angaben mit Daten früherer bzw. späterer Jahrgänge verglichen bzw. ergänzt.

Kriterien zur Bewertung eines schützenswerten Brutgebietes

Vogelarten, die durch Öl besonders gefährdet oder in ihrem Bestand bedroht sind bzw. einen Seltenheitswert besitzen, werden in den Listen besonders hervorgehoben (Unterstreichung, Tab. 4.6.1). Für diese letztgenannten Arten wurden jeweils Mindestzahlen an Brutpaaren festgelegt, die ausreichen, um ein Vogelbrutgebiet als "bedeutsam" einzustufen (Tab. 4.6.1). Erreicht der Brutvogelbestand in einem Teilgebiet die Mindest-Brutpaarzahl bei mindestens einer Art, gilt das betreffende Brutgebiet mit angrenzendem Nahrungsgebiet als besonders schützenswert. Im Datenbestand der Teilgebiete sind diese Vogelarten, die das Kriterium erfüllen, besonders gekennzeichnet.

### Begrenzung eines schützenswerten Brutgebietes

Um das betreffende Brutgebiet wird je nach Aktionsbereich der Vögel ein Areal abgegrenzt, in dem sich die Brutvögel mit großer Wahrscheinlichkeit zur Nahrungssuche aufhalten. Seeschwalben haben einen größeren Aktionsbereich (ca. 20 km) als andere Vogelarten (ca. 5 km). Bei gleichzeitigem Brutvorkommen von Seeschwalben und anderen Vogelarten bestimmt der größere Aktionsradius die Grenzen des Gebietes. Begrenzungen z.B. durch Fahrwasser, durch eine Küstenlinie bzw. die Niedrigwasserlinie können die Areale natürlicherweise einschränken. Die Arealgrenze gilt zur Brutzeit als äußere Linie der schützenswerten Gebiete.

Besonders empfindlicher Zeitraum für Brutvögel April bis Juli (Abb. 4.6.1)

### Arithmetische Bewertung der Brutvogelbestände

Von 27 möglichen Arten sind 13 als besonders empfindlich vorgegeben. Nur diese Arten ist eine "Mindestbrutpaarzahl" zugeordnet.

Die Unterscheidung "Brutverdacht" und "Brutnachweis" ergibt weitere Qualitätsunterschiede. Alle drei Qualitäten werden in Anlehnung an das für die Bereiche Benthos und Ichthyofauna benutzte Modell mit Ladungszahlen (LZ) versehen:

- LZ<sub>v</sub> = 1 Brutverdacht
- LZ<sub>n</sub> = 2 Brutnachweis
- LZ<sub>ü</sub> = 3 Erreichen bzw. Überschreiten der Mindestzahl

$$\text{Index}_{\text{BVA}} = (n \text{ SB}_v * \text{LZ}_v + n \text{ SB}_n * \text{LZ}_n + n \text{ SB}_ü * \text{LZ}_ü) / n \text{ SBV}_{\text{max}}$$

wobei

- BVA : Brutvogelarten
- n SBV<sub>max</sub> : Maximale Anzahl der Brutvogelarten
- n SB<sub>v</sub> : Anzahl der Arten mit Brutverdacht
- n SB<sub>n</sub> : Anzahl der Arten mit Brutnachweis
- n SB<sub>ü</sub> : Anzahl der Arten, die die Mindestzahl überschreiten

### B Rastvogelbestand

Das Wattenmeer ist eines der wichtigsten Durchzugs- und Rastgebiete für nordeurasische Gastvögel, die aus einem über 100 mal so großem Einzugsgebiet wie dem Wattenmeer stammen. Zum Teil beruhen die Daten auf den Wasser- und Wattvogelzählungen von 1980 / 1981 und erfüllen damit nicht ausreichend den Punkt a (s.u.). Sofern verfügbar wurden diese Angaben daher mit Daten früherer bzw. späterer Jahrgänge (weitere Literatur) verglichen und ergänzt. Liegen für diese Teilgebiete nur Einzeldaten, und die auch nur für einzelne Vogelarten vor, wird dieses besonders vermerkt. Da die Häufigkeitsangaben zum Teil in dieser Form vorliegen (z.B. 10 - 100 Exemplare), wird für die Bewertung jeweils die höhere Zahl zugrundegelegt.

### Kriterien zur Bewertung eines schützenswerten Rastgebietes

BERNDT, HECKENROTH u. WINKEL (1979) haben für jede Vogelart Tages-Mindestzahlen an Individuen (ca. 2 % des bundesdeutschen Rastbestandes) vorgeschlagen, die in einem

Wasser- und Wattvogelrastplatz von mindestens einer Art erreicht werden sollten, um diesem Gebiet das Prädikat "national bedeutend" zuzuordnen (Tab. 4.6.2).

Diese Mindestzahlen bzw. Kriterien gelten, wenn:

- a. zur Beurteilung die Befunde von mindestens fünf Beobachtungsjahren zugrundegelegt werden und in der Mehrzahl aller Beobachtungsjahre die angegebene Mindestzahl erreicht wird.
- b. Die Angaben der Mindestzahlen beziehen sich auf Gebiete mit einer Flächengröße bis zu 25 km<sup>2</sup> = 2500 ha. Ist das Gebiet um einen best. Faktor größer, so muß die geforderte Mindestvogelmenge im gleichen Verhältnis höher liegen. Bei Küstenabschnitten beziehen sich die Mindestzahlen auf 5 km Länge.
- c. Wenn in einem Gebiet mehrere Arten zusammentreffen, von denen keine allein die geforderte Mindestzahl erreicht, so wird das Kriterium trotzdem erfüllt, wenn: - mindestens 8 000 Schwäne, Gänse, Enten und Säger oder - an Watvögeln (ohne Kiebitz) mindestens 10 000 Individuen anwesend sind.

Erreicht der Rastvogelbestand in einem Teilgebiet die Mindest-Tages-Zahl bei mindestens einer Art, gilt das betreffende Gebiet mit angrenzendem Nahrungsgebiet als besonders schützenswert. In den Listen der Teilgebiete sind diese Vogelarten, die das Kriterium erfüllen, mit einem + hinter der Anzahl des Rastbestandes gekennzeichnet.

#### Begrenzung eines schützenswerten Gebietes

Um ein Gebiet, das die oben genannten Kriterien erfüllt, wird ein Areal abgegrenzt, in dem sich die Rastvögel mit großer Wahrscheinlichkeit zur Nahrungssuche aufhalten. Je nach den örtlichen Gegebenheiten gilt als Begrenzung eines Küstenabschnittes eine parallele Linie im Abstand von 5 km bzw. die Niedrigwasserlinie. Bei Rastplätzen im Watt werden um die betreffenden Gebiete Linien im Abstand von 5 km gezogen, wenn nicht die Niedrigwasserlinie bzw. das Fahrwasser eine natürliche Begrenzung darstellen.

Besonders empfindliche Zeiträume für Rastvögel Während des Wegzuges: insbesondere August bis Oktober, während des Heimzuges: insbesondere März bis April (Abb. 4.6.1).

#### Arithmetische Bewertung der Rastvogelbestände

Alle 36 möglichen Arten können in ihrer Häufigkeit eine vorgegebene Mindestzahl erreichen oder überschreiten. Da die Qualität "Verdacht" ausfällt, bleiben zur Bewertung:

$LZ_n = 2$  Rastnachweis

$LZ_{\ddot{u}} = 3$  Erreichen bzw. Überschreiten der Mindestzahl

$$\text{Index}_{RVA} = (n \text{ SR}_n * LZ_n + n \text{ SR}_{\ddot{u}} * LZ_{\ddot{u}}) / n \text{ SRV}_{\text{max}}$$

wobei

RVA : Rastvogelarten

$n \text{ SR}_n$  : Anzahl der Arten mit Rastnachweis

$n \text{ SR}_{\ddot{u}}$  : Anzahl der Arten, die die Mindestzahl erreichen oder überschreiten

$n \text{ SRV}_{\text{max}}$  : Maximale Anzahl der Rastvogelarten



### C Mauserbestand

Den meisten Entenarten und Watvögeln ist es während des Durchzuges auf Grund des großen Nahrungsangebotes im Wattenmeer möglich, den energieaufwendigen Gefiederwechsel (Mauser) durchzuführen. Von einigen Vogelarten werden dazu regelrechte Mauserplätze in sicherem und nahrungsreichem Seichtwasser aufgesucht.

#### Brandgans

Die Hauptmauserzeit der Brandgans liegt zwischen Ende Juli und Anfang September. Die Vögel sind während der Schwingenmauser für 25 bis 31 Tage flugunfähig und damit im Falle einer drohenden Verölung des Gebietes besonders gefährdet. Flugunfähig driften die Vögel je nach Windlagen in die eine oder andere Richtung.

Aktionsbereich mausernder Brandgänse:

flugfähige Tiere : 20 km (bis 30 km)

flugunfähige Tiere: 3 - 5 km (max. 10 - 12 km bei Drift)

#### Eiderente

Mauserzeit: Ende Juli bis Anfang September

Schwingenfederabwurf: Männchen ab Abfang - Mitte Juli

flugunfähig ab Ende August / Anfang September

(Weibchen: Mauser beginnt einen Monat später, wird aber schneller abgeschlossen).

#### Limikolen

Limikolen finden auf dem Heim- und Wegzug im Wattenmeer die ökologischen Voraussetzungen für den Vollzug ihrer Mauser. Ohne geschützte Ruheplätze und ausreichend Nahrung würden große Teile des Weltbestandes der Limikolen in ihrer Existenz bedroht. Insbesondere sind hier folgende Arten zu nennen: Austernfischer, Kiebitzregenpfeifer, Großer Brachvogel, Pfuhlschnepfe, Knutt, Alpenstrandläufer, Sanderling. Im Herbst auf dem Wegzug wechseln große Limikolenscharen im Wattenmeer das Brutkleid mit dem Ruhekleid (Brutmauser), auf dem Heimzug im Frühjahr findet hier die Ruhemauser statt (Ruhekleid - Brutkleid). Bei den weitwandernden Limikolen treten komplizierte Unterschiede im Mausertempo selbst zwischen verschiedenen Populationen derselben Art auf, so daß der Mauserrhythmus und -modus für einzelne Arten hier nicht aufgeführt werden kann. Die Mausergebiete der Limikolen sowie ihr zahlenmäßiger Bestand wird durch den Rastbestand der einzelnen Teilgebiete dokumentiert.

#### Bestandszahlen für Mauserplätze

Unabhängig von den individuellen Bestandszahlen werden den Mausergebieten von Brandgans, Eiderente und Limikolen während der empfindlichen Zeiträume grundsätzlich die Klassenwerte 4 (höchste Sensitivitätsstufe) zugeordnet.

#### Begrenzung der Mausergebiete

Um Flächen, auf denen sich bekanntermaßen mausernde Brandgänse bzw. Eiderenten aufhalten, wird in einem 3 km Abstand ein einheitliche Grenzlinie gezogen. Diese Fläche gilt als zu schützendes Gebiet während der Mauserzeit. Wie bei den Brut- und Rastgebieten ergeben sich auch hier Stationscluster (Summe der Meßstationen der anderen Erhebungen in diesem Gebiet), denen die qualitativen und quantitativen Erhebungen für die Mauserplätze zugeordnet werden.

Empfindlicher Zeitraum für mausernde Vögel Ab Mai / Juni bis Oktober (Abb. 4.6.1)

#### Überlagerung der Bereiche Brut, Rast und Mauser

Im Unterschied zur übergreifenden Indexberechnung im Komplex "Benthos - Sediment" wurden im Komplex "Avifauna" Einzelklassen für Brut, Rast und Mauser definiert, um die unterschiedliche Qualität der einzelnen Bereiche beim Abwägen von Schutzaspekten berücksichtigen zu können. Zur übergreifenden Bewertung wurden die monatlich differenzierten Einzelindizes addiert und die Summen jeweils einer erneuten Klassenbildung von 1 - 4 unterzogen .

Seehundsbestand

#### Bedeutung des Lebensraums Wattenmeer für Seehunde

Seehundliegeplätze müssen eine Reihe von typischen Merkmalen erfüllen, so daß die Zahl geeigneter Liegeplätze nicht beliebig ist. Daher suchen die Seehunde bei Niedrigwasser immer wieder dieselben, angestammten Sandbänke, meist in der Nähe von Prielen oder Wattströmen auf (traditionelle Seehundsbänke). Im Frühherbst ziehen einige Seehunde ins tiefere Wasser und verteilen sich über den gesamten Nordseebereich. Der weitaus größte Teil hält sich auch im Winter im Wattenmeer auf, jedoch werden die Tiere dann seltener auf ihren angestammten Sandbänken ruhend beobachtet (siehe auch S. 4.27).

Für diese Meeressäuger wurde sowohl auf eine arithmetische Wertung als auch auf eine willkürliche Klassenzuordnung verzichtet. Ihr Vorkommen wird als örtliches Merkmal mit der Unterscheidung von Liege- und Aufzuchtplätzen dokumentiert. Die zeitliche Sensitivität ist entweder dem Auftauchen oder Verschwinden des örtlichen Merkmals im monatlichen Ausdruck zu entnehmen oder taucht als besonderer Hinweis in zeitlich übergreifenden Karten auf.

### 5.4 Übergreifende Bewertung der Bereiche Benthos-Sediment, Ichthyofauna und Avifauna

Eine übergreifende Bewertung geschieht durch die Addition aller arealbezogener Werte von Einzelklassen bzw. von resultierenden Klassen, so daß als Summenwerte maximal 12 Punkte erreicht werden können. Da die Klasse 4 als höchste Sensitivitätsstufe aller Einzelbereiche gilt, bedeutet die Summenbildung über 4 hinaus lediglich eine Differenzierung innerhalb dieser Klasse. Eine Bewertung durch Überlagerung findet während der Monate April bis November statt. In den Monaten Dezember bis März gelten ausschließlich die Benthos-Sediment-Werte. Als Folge der linearen Betrachtung bleiben alle Bewertungen relativ, so daß mit der Ausdehnung des Untersuchungsgebietes Neueinstufungen möglich sind.

### 5.5 Salzwiesen

#### 5.5.1 Berechnung und Klassifizierung der Ölsensitivität

Ziel der Sensitivitätskartierung der Salzwiesen war die Einstufung der Empfindlichkeit der einzelnen Arten gegenüber Rohöl und darauf aufbauend die Einstufung der gebietsweise vorgefundenen Pflanzengesellschaften (vgl. Kapitel 4.7.4.2.3 und 5.5.3) mit ihren jeweiligen speziellen Artenkombinationen.

Tabelle 5.5.1.1.1 Bewertungsschema zur Einschätzung der Ölsensitivität von Pflanzenarten ohne vorhergehende physiologische Untersuchungen (s. NEUGEBOHRN, 1987).

Bewertungskriterium	Punkte	Bewertung
Größe der Kontaktfläche (unter Berücksichtigung der vertikalen Blattverteilung)	1	klein
	2	mittel
	3	groß
Lage der Erneuerungsorgane	1	unterirdisch (Geophyten)
	2	>50 cm über dem Boden
	3	10 - 50 cm über dem Boden (Hemikryptophyten)
	4	<10 cm über dem Boden
	5	Rosettenpflanzen
	6	keine Erneuerungsorgane (Therophyten)
Physiologische Reaktion	1	gering
	2	mittel
	3	stark - u.a. (Geophyten/Sträucher)
	4	sehr stark - u.a. nicht untersuchte Arten
Regeneration	1	sehr schnell
	2	schnell
	3	mittel
	4	langsam - u.a. nicht untersuchte Arten
	5	keine Regeneration (Therophyten)
Gefährdungsgrad (als Maß für die Exposition der Pflanzen; Haupt- gefährdungsbereich um MTHW)	1	gering
	2	mittel
	3	hoch

#### 5.5.1.1 Ölsensitivität der Arten

Trotz vieler Untersuchungen in den vergangenen Jahren (vgl. Kapitel 4.7.3) ist nur von wenigen Arten der Salzwiesengesellschaften die Sensitivität gegenüber Rohöl bekannt. Seit 1987 liegt daher ein Bewertungsschema vor (NEUGEBOHRN, 1987), das es ermöglicht, Arten ohne entsprechende physiologische Versuche vorläufig bezüglich ihrer Empfindlichkeit gegenüber Rohöl bzw. Ölprodukten einzuordnen, d.h. ihre "Ölsensitivität" zu ermitteln.

Tabelle 5.5.1.1.2 Klasseneinteilung für die Sensitivitätszahl der Arten ausgehend von den Mittelwerten aus vergebenen Bewertungs-Punkten (vgl. Tab. 5.5.1.1.1)

Mittelwert	Sensitivitätszahl
1,00 - 1,40	1
1,41 - 1,80	2
1,81 - 2,20	3
2,21 - 2,60	4
2,61 - 3,00	5
3,01 - 3,40	6
3,41 - 3,80	7
3,81 - 4,20	8-10*

\*Derzeit wird für intensiv beweidete Flächen die Sensitivitätszahl um 2 Punkte, bei Mahd oder extensiver Beweidung um 1 Punkt erhöht (NEUGEBOHRN, 1987).

Das Bewertungsschema bedient sich vorläufig fünf Bewertungskriterien (Tab. 5.5.1.1.1) und legt zugrunde, daß es vermutlich keine gegen Öl unempfindlichen (im Sinne von ELLENBERG et al. (1991) indifferenten) Arten gibt. Dieses Schema muß als vorläufige Einteilung betrachtet werden, die nach weiteren Untersuchungen ggf. der Modifizierung sowohl bezüglich der Kriterien als auch der Punkteverteilung bedarf. Nach Einstufung einer unklassifizierten Art in die einzelnen Bewertungskriterien wird aus den vergebenen Punkten der arithmetische Mittelwert errechnet und das Resultat entsprechend den Zeigerwert-Berechnungen von ELLENBERG et al. (1991) in 8 (10) Klassen eingeteilt (Tab. 5.5.1.1.2). Alle bisher bezüglich ihrer Ölsensitivität eingeschätzten Pflanzenarten sind bei GRANDT & NEUGEBOHRN (1987) und SUCHROW & NEUGEBOHRN(1992) aufgelistet.

### 5.5.1.2 Gesellschaftssensitivitätszahl

Aus den Sensitivitäten der einzelnen Arten errechnet sich - vergleichbar der Formel für die Futterwerte von KLAPP (1971) - unter Einbeziehung der Deckungsanteile die Gesellschaftssensitivitätszahl (Gsz; vgl. GRANDT & NEUGEBOHRN, 1987):





$$\text{Gsz} = \frac{\sum \text{Deckung der Art} * \text{Sensitivitätszahl der Art}}{\text{Gesamtdeckung}}$$

Alle vorkommenden - auch seltene (Rote-Liste-) - Arten werden, unter der Annahme, daß nur die Pflanzenbestände in ihrer Gesamtheit die Potenz zur Wiederherstellung nach einer Zerstörung besitzen, ausschließlich über ihre Deckung berücksichtigt. Die Gesellschaftssensitivitätszahl ist wie die Sensitivitätszahl der Arten (vgl. Tab. 5.5.1.1.2) in Anlehnung an die Zeigerwerte von ELLENBERG et al. (1991) in 8 - bei Beweidung und Mahd in 9 bzw. 10 - Stufen geteilt. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgte eine weitere Zusammenfassung auf 4 Stufen (s. Kapitel 5.5.2).

### 5.5.2 Gesellschaftstypen- und Sensitivitäts-Karten

Im Anschluß an die Erfassung und Auswertung der Daten erfolgte die kartographische Darstellung der Ergebnisse für Nordfriesland und Niedersachsen in der Deutschen Grundkarte (Maßstab 1 : 5.000) sowie für Dithmarschen in der Höhenkarte (Maßstab 1 : 10.000) als Gesellschaftstypen-Karten und Sensitivitäts-Karten.

Tabelle 5.5.2.1 Auflistung der Gesellschaftssensitivitätszahlen (Gsz) und Zuordnung des Farb-Codes für die kartographische Darstellung innerhalb der Sensitivitäts-Karten .

Sensitivitäts- stufe	Gsz	Farbindex	Sensitivität
1	1,0 - 2,7		gering
2	2,8 - 4,5		
3	4,6 - 6,2		
4	6,3 - 8,0		hoch
	- 9,0*		
	- 10,0**		

\* für extensiv beweidete Flächen  
oder Mähflächen

\*\* für beweidete Flächen

Tabelle 5.5.2.2 Prozentualer Anteil der Pflanzengesellschaften im schleswig-holsteinischen (S.-H.) und niedersächsischen (N.S.) Wattenmeer

Typ	Code	Pflanzengesellschaft	S.-H. [%]	N.S. [%]
<b>Brackwasser-Röhrichte</b>				
Typ Sch		Scirpetum tabernaemontani	3,4	-
Typ Bol		Bolboschoenetum maritimi	13,8	43,8
Typ Phr		Phragmitetum australis	13,8	37,5
<b>Pionier-Gesellschaften der Verlandungszone</b>				
Typ Spa		Spartinetum townsendii	96,6	68,8
Typ Sal		Salicornietum strictae (= S. dolichostachyae)	93,1	62,5
Typ SpS		Übergangstyp zwischen Spa, SpS und Puc	93,1	75,0
<b>Untere Salzwiese</b>				
Typ Puc		Puccinellietum maritimae	96,6	93,8
Typ Lim		Plantagini maritimae-Limonietum vulgaris	-	25,0
Typ Ast		Aster tripolium-Bestände	37,9	37,5
Typ Hal		Halimionetum portulacoidis	34,5	50,0
Typ Trm		Triglochin maritimum-Bestände	3,4	31,3
<b>Obere Salzwiese</b>				
Faciesbildungen durch: <i>Juncus gerardii</i> , <i>Festuca rubra</i> ssp. <i>litoralis</i> und <i>Agrostis stolonifera</i>				
Typ Jug		Juncetum gerardii	86,2	93,8
Typ Fer		Festucetum rubrae litoralis	89,7	93,8
Typ Ags		Agrostietum stoloniferae	75,9	93,8
<b>Seltene Typen</b>				
Typ Cot		<i>Cotula coronopifolia</i> -Bestände	3,4	-
Typ Trp		<i>Triglochin palustre</i> -Bestände	3,4	6,3
Typ CCP		<i>Junco-Caricetum extensae</i> parapholietosum	-	6,3
Typ Cex		<i>Junco gerardii-Caricetum extensae</i>	-	25,0
Typ Cdi		Ausprägung des <i>Junco-Caricetum extensae</i>	-	18,8
Typ Art - Überleitung zu den Typen nährstoffreicher Standorte		<i>Artenisietum maritimae</i>	31,0	56,3
<b>Nährstoffreiche Standorte (Flutsäume, Prielränder etc.)</b>				
<b>Spülsaum-Gesellschaften</b>				
Typ Sum		<i>Suaedetum maritimae</i>	-	43,8
Typ Atl		<i>Atriplicetum littoralis</i>	10,3	6,3
Typ Ath		Ausprägung des <i>Atriplicetum littoralis</i>	13,8	50,0
Typ Cak		<i>Cakiletum maritimae</i>	3,4	12,5
Typ Stm		<i>Stellaria media</i> -Bestände	3,4	-
<b>Queckengesellschaften</b>				
Typ Agp		<i>Agropyretum litoralis</i>	72,4	50,0
Typ Agr		( <i>Astero tripolii</i> -) <i>Agropyretum repentis</i>	13,8	81,3
Typ ELA		Übergang zu Dünen-Gesellschaften	6,9	31,3
Typ Son - auf Strand- und Dünenwällen		<i>Sonchus arvensis</i> -Bestände	3,4	18,8
Typ Fea - Hochstaudenried		<i>Festuca arundinacea</i> -Bestände	6,9	31,3
<b>Trittpflanzen-Gesellschaften</b>				
Typ Pot		<i>Agrostio stoloniferae-Potentilletum anserinae</i>	3,4	18,8
Typ Poa		<i>Polygonetum avicularis</i>	3,4	-
Typ Pop		<i>Poo irrigatae-Plantaginetum majoris</i>	6,9	-
Typ Trf		<i>Agrostio-Trifolietum fragiferi</i>	-	25,0
Typ Lol - Wiesen und Weiden		<i>Lolio perennis-Cynosuretum</i>	44,8	37,5

Die Gesellschaftstypen wurden direkt in einen Farb-Code umgesetzt (Tab. 5.5.2.1). Die Gesellschaftsensitivitätszahlen mußten, ausgehend von 8 bzw. 10 Punkten (s. Kapitel 5.5.1), zunächst zu 4 Stufen - 4er-Klassifizierung der Sensitivität einheitlich für alle Teilprojekte - zusammengefaßt werden. Alle Karten liegen im GKSS Forschungszentrum Geesthacht und im Institut für Angewandte Botanik, Universität Hamburg, zur Einsicht vor. Eine Liste aller Karten befindet sich im Anhang.

### 5.5.3 Auflistung der Gesellschaftstypen

Für die untersuchten schleswig-holsteinischen und niedersächsischen Salzwiesen wurden insgesamt 35 verschiedene Typen abgegrenzt (s. Tab. 5.5.2.1; vgl. Kapitel 4.7.4.2.2 und 4.7.4.2.3), deren ausführliche Beschreibungen, Vergleiche mit Angaben aus der Literatur und, soweit möglich, Zuordnungen zu bereits beschriebenen Pflanzengesellschaften bei SUCHROW & NEUGEBOHRN (1992) vorliegen.

Küstenweit bildet der Typ Puc (*Puccinellietum maritimae*) bezüglich Stetigkeit (s. Tab. 5.5.2.2) und Flächenausdehnung den Hauptanteil der Salzwiesen. Mit hoher Stetigkeit folgen die Typen der Oberen Salzwiese, die jedoch mit deutlich geringerer Flächenausdehnung (Jug - *Juncetum gerardii*, Fer - *Festucetum rubrae litoralis* und Ags - *Agrostietum stoloniferae*) vorkommen, und die Typen der Verlandungszone mit überwiegend großer Flächenausdehnung (Typen Spa - *Spartinetum townsendii*, SpS - Übergang zum *Puccinellietum maritimae*, Sal - *Salicornietum strictae*). Ein Großteil der Typen ist sowohl in Schleswig-Holstein als auch in Niedersachsen mehrfach zu finden, andere Typen - durch seltene Arten charakterisiert - treten dagegen nur sehr vereinzelt auf.

Bezüglich der Ölsensitivität der Typen ergeben sich Differenzierungen in Abhängigkeit von der Höhe der Flächen zum Mittleren Tidehochwasser (MThw), von der Bewirtschaftungsform und ggf. der Intensität der Beweidung: Typen tieferer Flächen sind meist höher und Typen höherer Flächen meist weniger sensitiv, Typen beweideter bzw. gemähter Flächen sind meist höher, Typen unbeweideter Flächen überwiegend geringer sensitiv.

Diese Unterschiede ergeben sich nicht nur bezüglich der verschiedenen Typen, auch der

Tabelle 5.5.3 Absolute und relative Häufigkeit der Sensitivitätsstufen "1 - gering sensitiv" bis "4 - hoch sensitiv" in den schleswig-holsteinischen (S.-H.) und niedersächsischen (N.S.) Salzwiesen.

Sensitivitäts- stufe	S.-H.		N.S.	
	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]
1	32	11,4	17	6,7
2	42	14,9	94	37,2
3	103	36,7	93	36,8
4	104	37,0	49	19,4

gleiche Typ wurde oft in verschiedenen Gebieten unterschiedlich eingestuft. In den schleswig-holsteinischen Salzwiesen sind über 70 % der jeweils vorkommenden Typen - und damit der größte Teil der Flächen - hoch sensitiv oder sensitiv, in den niedersächsischen Salzwiesen sind, durch andere Vorlandstrukturen bedingt, über 70 % der Typen - und damit ebenfalls der größte Teil der Flächen - sensitiv bis mäßig sensitiv (Tab. 5.5.3).

#### 5.5.4 Salzwiesen: beispielhafte Beschreibung des Gebietes "Helmsand"

Bei dem Helmsand (Abb. 5.5.4.1 u. 5.5.4.2) handelt es sich um ein abgeschlossenes Salzwiesen-Gebiet in der Meldorfer Bucht. Südlich des Dammes, der seit 1936 Hallig und Festland verbindet, legte man damals Lahnungsfelder als zusätzliche Verbauungen an, in denen sich mittlerweile Vorland mit Höhen um +40 bis +80 cm MThw gebildet und dadurch die Ausdehnung der Hallig erweitert hat. Nach der Eindeichung der Meldorfer Bucht im Jahre 1978 und Anlage von Lahnungsfeldern nördlich des Dammes verblieb der Helmsand als "kleine Halbinsel" dem neuen Deich vorgelagert.

Auf dem Helmsand sind insgesamt 8 Gesellschaftstypen angesiedelt, von denen 5 quantitativ erfaßt wurden (Tab. 5.5.4; Typen s. Tab. 5.5.2.1). Ihre unterschiedliche Flächenausdehnung ist durch die Struktur der alten Hallig bzw. die Landgewinnung der vergangenen Jahre bedingt:

- Die Lahnungsfelder nördlich des Dammes sind derzeit nur sehr spärlich mit *Spartina townsendii* H. & J. Groves und *Salicornia dolichostachya* Moss bewachsen. Allenfalls direkt im Schutz der Lahnungen, in beruhigteren Zonen, konnte sich der Typ Spa (Stufe 1) flächig etablieren.
- Unterhalb kleiner Abbruchkanten an den westlichen und südlichen Rändern des Helmsandes sind die Typen der Verlandungszone (Spa, Sensitivitätsstufe 1; Sal, Stufe 4; SpS, Stufe 2) spärlich vertreten. Nur an wenigen Stellen erfolgt ein fließender Übergang von hohen zu tiefen Flächen über den Typ Puc der Unteren Salzwiese.
- Von den Rändern der Wattäcker (Höhen um +20 bis +40 cm) geht die Untere Salzwiese, Typ Puc (Stufe 4), in die Obere Salzwiese über.
- Den Hauptanteil der Flächen, insbesondere die bereits hoch aufsedimentierten Bereiche (ca. +50 cm und höher) südlich des Dammes, bedeckt Typ Fer (Stufe 3) der Oberen Salzwiese.
- Auf den hohen Schafdämmen und alten Hallig-Flächen sind die Typen Agp (Stufe 2) und Art (Stufe 3) angesiedelt. Die Ausbildung dieser Typen wird offensichtlich aufgrund der geringen oder fehlenden Beweidung ermöglicht bzw. begünstigt. Gleichzeitig markieren diese Typen nährstoffreicher Standorte die Spülsäume der Spring- und Sturmfluten.
- Typ Lol (Stufe 3) ist lediglich auf der Warft, d.h. auf den alten Hallig-Flächen vertreten.

(Die diesem Kapitel zugrunde liegenden Daten sind Bestandteil des Dissertationsvorhabens von SUCHROW am Fachbereich Biologie der Universität Hamburg)

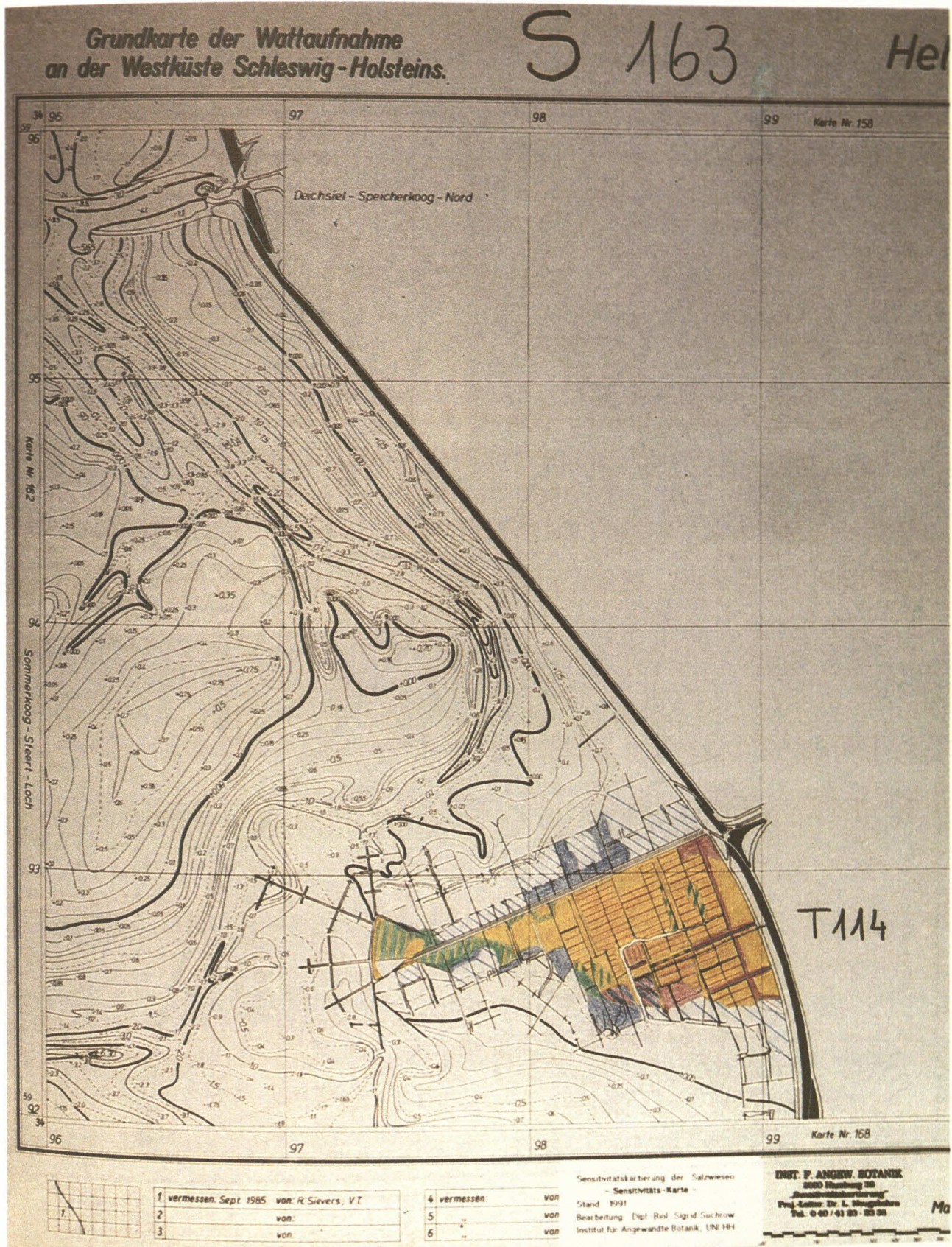


Abb. 5.5.4.1 Sensitivitäts-Karte S 163. Grundlage ist die Höhenkarte 163 "Helmsand" im Maßstab 1:10.000. Der Farbcode ist Tabelle 5.5.2.1 zu entnehmen.



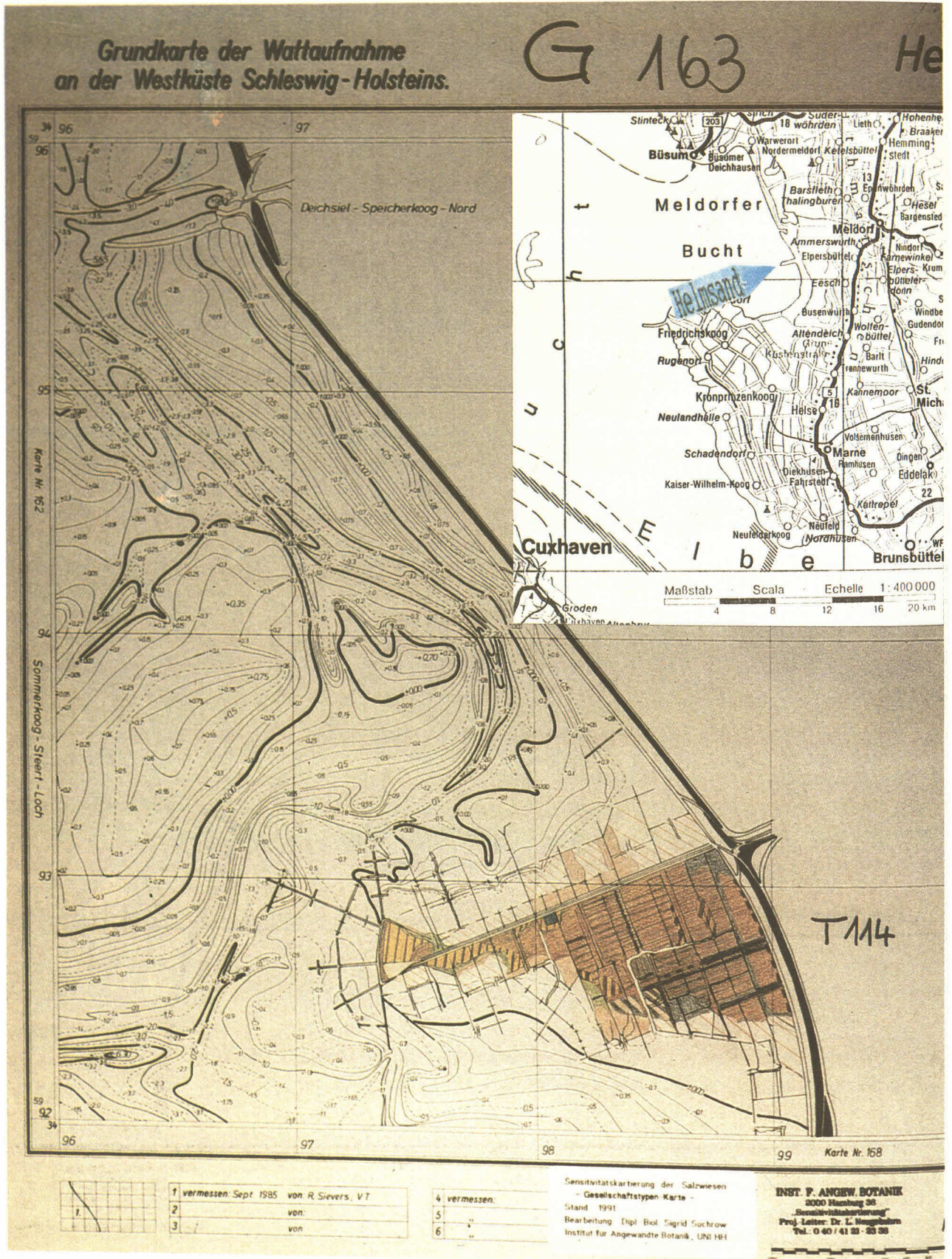


Abb. 5.5.4.2 Gesellschaftstypenkarte G 163. Grundlage ist die Höhenkarte 163 "Helm-sand" im Maßstab 1:10000. Der Farbcode ist Tabelle 5.5.2.1 zu entnehmen.

Typen-Tabelle des Gebietes "Helmsand". Auflistung der Arten nach ihrer soziologischen Kennzahl nach ELLENBERG et al. (1991), die Anordnung der Typen entspricht ihrer Abfolge mit zunehmender Geländehöhe - basierend auf eigenen Erkenntnissen sowie in der Literatur beschriebenen Sukzessionsreihen (u.a.: BEEFTINK, 1977; ELLENBERG, 1986; WESTHOFF, 1987). Typen: s. Tabelle

Stet. - Stetigkeit  
 Stet.% - prozentuale Stetigkeit  
 mD% - Deckung gemittelt über die Stetigkeit  
 Gsz - Gesellschaftssensitivitätszahl (s. Kapitel 6.1.6.1.2)

Typ:	SpS			Puc			Art			Fer			Agp		
Art	Stet.	Stet.%	mD%	Stet.	Stet.%	mD%	Stet.	Stet.%	mD%	Stet.	Stet.%	mD%	Stet.	Stet.%	mD%
1. <i>Spartina townsendii</i> H.&J.Groves	2	100,0	36,5	8	40,0	10,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. <i>Salicornia europaea</i> L.	1	50,0	0,1	19	95,0	4,5	-	-	-	4	57,1	1,0	-	-	-
3. <i>Suaeda maritima</i> (L.)Dum.	1	50,0	0,5	20	100,0	6,0	1	14,3	0,5	4	57,1	1,4	-	-	-
4. <i>Spergularia media</i> (L.)K.Presl	-	-	-	13	65,0	1,5	5	71,4	2,5	7	100,0	2,4	1	100,0	2,0
5. <i>Glaux maritima</i> L.	-	-	-	3	15,0	0,4	4	57,1	1,3	-	-	-	-	-	-
6. <i>Triglochin maritimum</i> L.	-	-	-	2	10,0	2,0	1	14,3	1,0	1	14,3	1,0	-	-	-
7. <i>Aster tripolium</i> L.	-	-	-	3	15,0	1,3	-	-	-	1	14,3	0,5	-	-	-
8. <i>Plantago maritima</i> L.	-	-	-	-	-	-	2	28,6	0,8	1	14,3	1,0	-	-	-
9. <i>Puccinellia maritima</i> (Huds.)Parl.	2	50,0	15,5	20	100,0	48,8	2	28,6	1,8	5	71,4	13,0	-	-	-
10. <i>Artemisia maritima</i> L.	-	-	-	2	10,0	0,8	7	100,0	14,3	1	14,3	0,0	1	100,0	1,0
11. <i>Armeria maritima</i> (Mill.)Willd.	-	-	-	-	-	-	1	14,3	2,0	1	14,3	1,0	-	-	-
12. <i>Agropyron pungens</i> (Pers.)Roem.& Schult.	-	-	-	-	-	-	1	14,3	4,0	-	-	-	1	100,0	41,0
13. <i>Agrostis stolonifera</i> L.	-	-	-	-	-	-	2	28,6	2,5	-	-	-	-	-	-
14. <i>Festuca rubra</i> ssp. <i>litoralis</i> (G.F.W.Mey.)Aug.	-	-	-	6	30,0	10,5	7	100,0	66,9	7	100,0	69,1	1	100,0	28,0
	2 Aufnahmen 4 Arten			20 Aufnahmen 10 Arten			7 Aufnahmen 11 Arten			7 Aufnahmen 10 Arten			1 Aufnahme 4 Arten		
	Gsz: 4,2			Gsz: 7,8			Gsz: 4,7			Gsz: 5,5			Gsz: 3,6		

Tabelle 5.5.4 Gesellschaftstypen

## 6 DATENVERARBEITUNG FÜR DIE THEMATISCHE KARTIERUNG

### 6.1 WATiS - das Wattenmeerinformationssystem für Forschung und Verwaltung

Ein wichtiger Teil des Vorhabens ist ein leistungsfähiges Datenverarbeitungssystem. Der Reiz der vorliegenden Aufgabe lag darin, anhand der thematischen Kartierungen die Konzepte für ein Wattenmeerinformationssystem (WATiS) (BERNEM van et al., 1990; KRASEMANN et al., 1990; RIETHMÜLLER et al., 1990; BERNEM van et al., 1991; KRASEMANN et al., 1991; LEITHÄUSER et al., 1992; RIETHMÜLLER et al., 1992; KRASEMANN et al., 1992a; KRASEMANN et al., 1992 b; PATZIG et al., 1992; KRASEMANN et al., 1993) zu entwickeln, die dann auf andere, komplexere Projekte für das Wattenmeer und weitere Biosphärenreservate übertragen werden können.

Das Konzept des WATiS geht daher an einigen Punkten über die eigentlichen Anforderungen des Kartierungsvorhabens hinaus. Es soll folgende Aufgaben wahrnehmen:

1. Die Feld- und Labordaten der thematischen Kartierungen sollen über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten sicher gespeichert werden und für eine breite Gruppe von Nutzern aus Forschung, Verwaltung und Politik, insbesondere den Nationalparkverwaltungen des Niedersächsischen und Schleswig-Holsteinischen Wattenmeeres und dem Umweltbundesamt, unter geringem Aufwand wiederzufinden sein.
2. Diese Daten sollen gemeinsam mit weiteren im Rahmen der Ökosystemforschung Schleswig-Holsteinisches und Niedersächsisches Wattenmeer erzeugten Daten Grundstock für eine Datenbasis einer langfristigen ökologischen Umweltbeobachtung des deutschen Wattenmeeres bilden.  
Das Konzept sollte eine Übertragung an das angestrebte trilaterale Wattenmeermonitoring (UBA F+E 1992a) und ähnliche Vorhaben terrestrischer Biosphärenreservate (RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN 1990; UBA 1992b; TERN 1993) leisten.
3. Alle anfallenden, zunächst auf handgeschriebenen Listen vorliegenden Daten müssen daher auf elektronische Datenträger übertragen werden. Diese Aufgabe obliegt im Wesentlichen den Datenerhebern selbst, um Eingabefehler zu minimieren und spätere Rückfragen zu erleichtern. Dauerhaft werden die Daten anschließend im zentralen Großrechner der GKSS gespeichert.
4. Der Index der Empfindlichkeit gegen Ölverschmutzung (Sensitivitätsindex) soll aus den Rohdaten reproduzierbar per Programm errechnet werden. Damit sind auch Variationen der Ergebnisse unter anderen Eingangsparametern oder Modellvorstellungen der Ölsensitivität leicht möglich.
5. Die im ersten Schritt nur für die Meßpunkte berechneten Werte sind danach ganzen Wattflächen zuzuordnen, um flächendeckende Aussagen zu erhalten. Diese Aufgabe kann nur in Zusammenarbeit von Datenverarbeitern und den Kartierungsexperten geleistet werden.
6. Die bis hier erarbeiteten Resultate sollen in Kartenform zur Verfügung stehen, sowohl digital, damit per Programm abfragbar, als auch als gedruckte Karte.
7. Die Partner dieses Projektes müssen sämtliche Daten in den ihnen gemäßen Formen erhalten.

Der Vorgang (4. - 7.) sollte so gestaltet werden, daß er leicht wiederholt werden kann.

## 6.2 Das technische Konzept des WATiS

Der Datenfluß der Kartierungsprojekte ist typisch für die komplexen Wattenmeerforschungsvorhaben anzusehen: Feld- und Labordaten, häufig manuell erstellt, werden von verschiedenen Forschungsgruppen in ein vernetztes elektronisches Datenverarbeitungssystem eingebracht. Die Daten werden auf eigene, meist kleine Rechner eingegeben. Sie liegen als Tabellen vor, werden daher am besten von Datenbanksystemen verwaltet. Räumliche Strukturen des Wattenmeeres und seiner angrenzenden Bereiche finden in Form digitalisierter Karten Eingang. Eingesetzte Werkzeuge sind hier "Geographische Informationssysteme" (GIS), die neben den Koordinaten der Raumelemente deren thematische Eigenschaften, wie Niedrig- oder Hochwasserlinie, Deichlinie etc., mitverwalten.

Bereits bei der Eingabe sollten die Daten möglichst automatisch abgeprüft werden, ob sie formal vollständig, konsistent sowie inhaltlich richtig sind. Für die beiden formalen Kriterien bieten derzeit zumeist benutzten Programme nur ungenügende Unterstützung.

Im nächsten Schritt werden die Daten der einzelnen Erheber und Erheberinnen zu einem gemeinsamen Datensatz zusammengeführt. Hier macht eine zentrale Datenbank Sinn, die für alle Beteiligten mehrere Dienste leistet:

- dauerhafte Datenspeicherung
- langfristige Datensicherung
- differenzierte Zugriffsrechte auf die Datensätze
- durchgehende Verfügbarkeit aller Daten
- einheitlicher Zugriff auf alle Daten
- Prüfung der formalen Vollständigkeit und Konsistenz des Gesamtdatensatzes
- ausreichende Dokumentation der Daten und des Tabellenaufbaus der Datenbank, um die genaue Bedeutung und den inhaltlichen Rahmen aller Daten festzuhalten und Nutzer durch die Datenbank zu den gesuchten Daten zu führen.

Im dritten Schritt bilden die Daten der ersten Verarbeitungsstufe Grundlage für weitere Auswertungen; im Falle der Kartierungen sind dies die Berechnungen der Sensitivitätsindizes und -klassen. Im Allgemeinen werden hier nur Auszüge aus der Datenbank benötigt und die Rechnungen dezentral auf Rechnern durchgeführt, die den Auswerteprogrammen angepaßt sind. Ein Beispiel sind Geographische Informationssysteme auf Workstations. Die Ergebnisse dieser Auswertungen werden zusammen mit der Dokumentation Bestandteil der zentralen Datenbank. Das technische Grundkonzept des WATiS kann also als ein Netzwerk verschiedener selbständiger "Rechenzentren" mit unterschiedlichen Aufgaben verstanden werden:

- lokale Dateneingabe und inhaltlicher Datenprüfung
- lokale Präsentationsmöglichkeit von Daten
- lokale Weiterverarbeitung von Daten, u.a. in Geographischen Informationssystemen (GIS)
- zentrale Speicherung, Sicherung und Dokumentation sämtlicher Daten

Die lokalen "Rechenzentren" sind mit der zentralen Datenbank über Fernleitung verbunden. Die Verbindung wird nur bei Bedarf neuer oder aktualisierter Daten von den lokalen Zentren her aufgebaut und nach erfolgter Datenübertragung wieder geschlossen. Im Zentralrechner lagert die verbindliche Version sämtlicher Daten, auf den lokalen Rechnern nur jeweils benötigte Teile davon.

Technisch ist das WATiS wie folgt realisiert (s. Abb. 6.2.1):

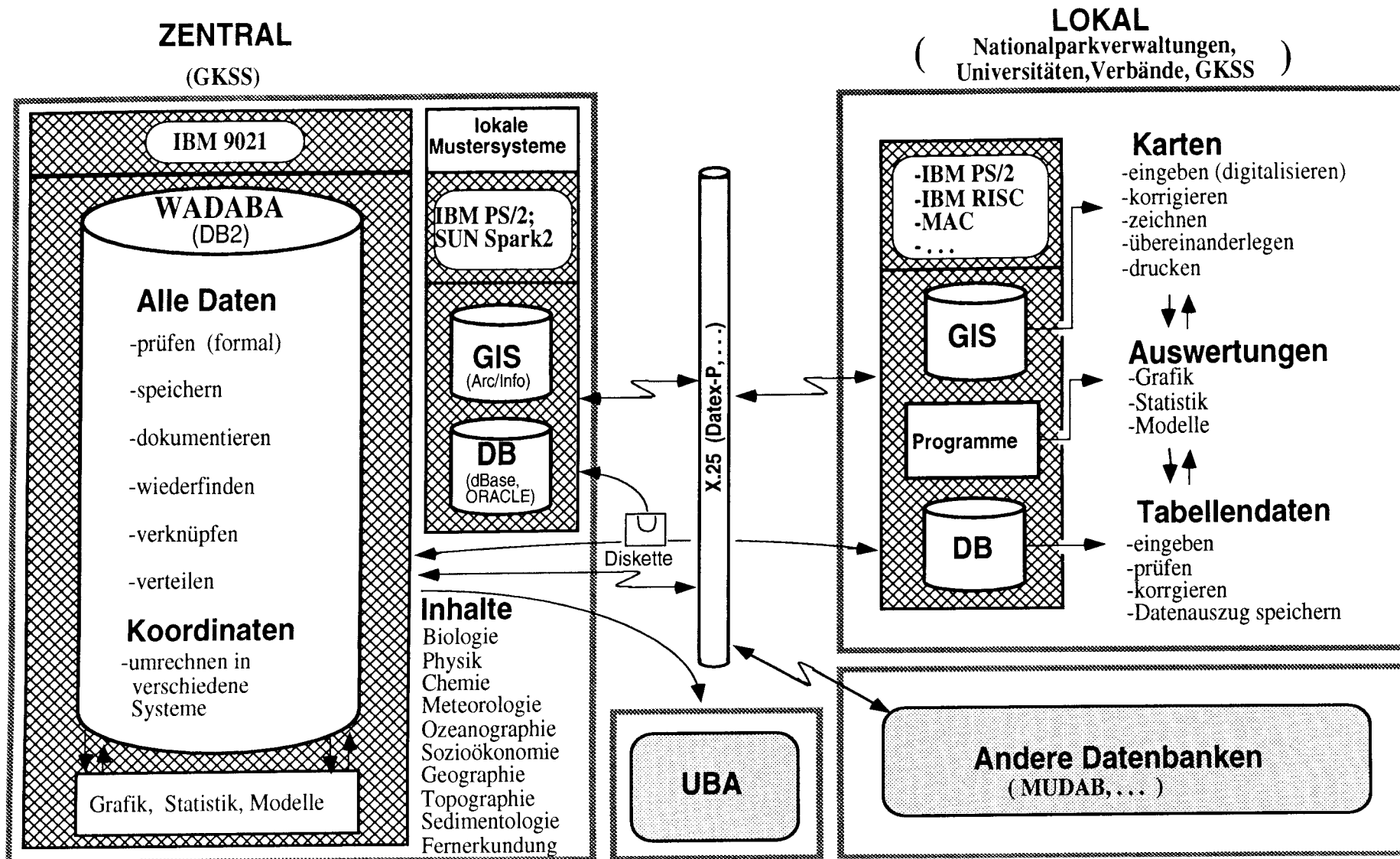


Abb. 6.2.1 Das technische Konzept des WATiS

Die zentrale Wattenmeerdatenbank WADABA ist auf dem IBM-ES 9021 Großrechner des GKSS-Forschungszentrums unter dem relationalen Datenbankverwaltungssystem DB2 installiert. Innerhalb der GKSS gibt es zwei Mustersysteme für lokale Rechner: eines auf einem IBM-PS2-Rechner unter dem Betriebssystem MS-DOS und eines auf einer SUN-Spark2 Workstation unter dem Betriebssystem UNIX. Für kartographische Arbeiten läuft auf beiden Systemen das GIS ARC/INFO, auf dem PS2 dazu noch das Datenbanksystem dBASE.

Schnittstellenprogramme auf dem Großrechner sorgen für einen formal automatisierten Austausch zwischen der WADABA und dBASE für Tabellen und ARC/INFO für Raumdaten. Die Schnittstelle zwischen der relationalen WADABA und ARC/INFO ist so gestaltet, daß sie die konsistente Haltung geographischer Daten auch im gesamten Verbund der Wattenmeerforschung gewährleisten kann (KRASEMANN et al., 1990).

Die lokalen Datenzentren sind auf der Eingabeseite die PCs der Datenerheber, auf der Empfängerseite die Nationalparkverwaltungen mit ihren Workstations und dem GIS ARC/INFO sowie die Systeme des Umweltbundesamtes. Der formale Datenaustausch zu den Nationalparkverwaltungen läuft über die bei der GKSS entwickelten Schnittstellen. Zum Umweltbundesamt hin wurde dieser in einem Unterauftrag von der Firma Siemens bewerkstelligt .

Die Datenfernverbindung läuft über das X.25 Protokoll des Postnetzes, realisiert mit dem Datex-P-Netz der Telekom. Darauf aufbauend kann eine direkte Terminalkopplung des lokalen Rechners mit dem Großrechner der GKSS geschaltet werden. Eine Kommunikation über das Internet mit dem Protokoll TCP/IP erlaubt u.a. rechnerunabhängige Terminalsitzungen, Dateitransfer oder direkte Datenbankkopplungen. Besonders einfach ist die Kommunikation über das Wissenschaftsnetz (WIN) mit der GKSS: eine problemlose Kontaktaufnahme mit Terminalsitzungen, Dateitransfer und elektronischer Post ist dann wie zwischen allen Universitäten möglich. Bei nicht vorhandenen Netzverbindungen können die Daten per Disketten ausgetauscht werden.

## 6.3 Der Aufbau der WADABA

### 6.3.1 Anforderungen an den Aufbau der Datenbank

Der Aufbau der WADABA gestaltete sich von Beginn an im Rahmen weiterer großer Vorhaben der Wattenmeerforschung. Die Kartierungsprojekte sind die ersten Bausteine innerhalb der Datenbank. Grundelemente der WADABA sind die Projekte der Wattenmeerforschung. Die bisher am WATiS beteiligten Vorhaben sind in Abbildung 6.3.1 aufgeführt. Organisatorisch sind sie in einzelne Teilprojekte untergliedert, die meist unabhängig voneinander ihre Daten erheben, während ihnen die Wattenmeertopographie, d. h. der Ortsbezug der Daten, gemeinsam ist. Beim Aufbau der zentralen Datenbank waren folgende Bedingungen zu erfüllen:

1. Die WADABA muß auf neue, noch nicht bekannte Projekte erweiterbar sein.
2. Die einzelnen Projekte gehen sehr unterschiedlich bei der Datennahme und -weiterverarbeitung vor.
3. Die Daten müssen ausreichend dokumentiert sein.
4. Daten verschiedener Verarbeitungsstufen (Rohdaten, verarbeitete Daten, Synthesedaten etc.) sollen gleichzeitig in der WADABA liegen.
5. Die Daten können sich auf topologisch komplexe und zeitlich variable Orte beziehen.

Die Punkte 1, 2 und 4 erfordern eine modulare, leicht erweiterbare Struktur aus Teildatenbanken, die nur in sich konsistent aufgebaut sein müssen. Die formale Verbindung zu Teildatenbanken anderer Projekte geschieht, wie auch in der Natur, über den gemeinsamen Ortsbezug und die Zeit. Inhaltliche Verknüpfungen definieren die Nutzer selbst anhand ihrer Fragestellungen. Punkt 3 erfordert eine Teildatenbank mit den Informationen zur vollständigen Beschreibung der Daten, quasi eine Metadatenbank der WADABA. Punkt 5 schließlich erfordert eine Teildatenbank, in der die Koordinaten entkoppelt von den Sachdaten, die sich auf diese beziehen, abgelegt sind.

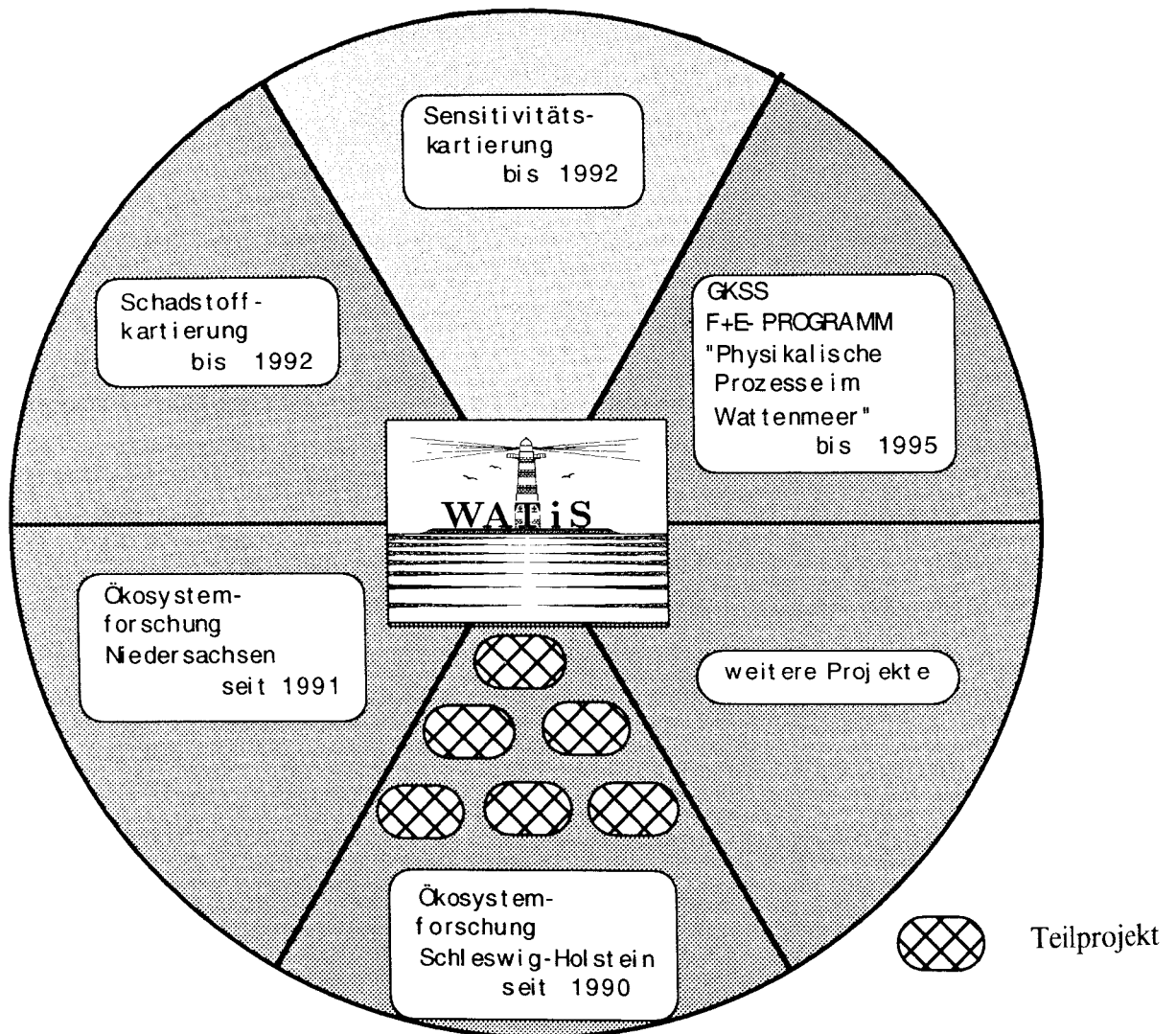


Abb. 6.3.1 Projekte in der WADABA

### 6.3.2 Die Teildatenbanken der WADABA

Die bisherigen Gedanken führen zu folgendem Aufbau der WADABA:

- der Metadatenbank *Dokument*,
- der Koordinatendatenbank *Orte*,
- und den Sachdatenbanken der verschiedenen Teilprojekte.

Diese Teildatenbanken sind über gegenseitige Verweise miteinander verknüpft. Die Sachda-

ten der Teilprojekte liegen in mehreren Verarbeitungsschichten vor, was eine weitere Struktur innerhalb eines Projektes bedeuten könnte. Jedoch definieren Ergebnisse basierend auf Daten verschiedener Projekte ohnehin immer ein neues Projekt. Daher haben wir uns entschlossen, grundsätzlich mit jedem Verarbeitungsschritt ein neues Projekt zu definieren, so daß wir eine Struktur wie in Abbildung 6.3.2.1 erhalten. Zur Vereinfachung sind dort nicht alle möglichen Verbindungen dargestellt: tatsächlich ist jede Sachteildatenbank mit *Dokument* und *Orte* verknüpft.

Eine Unterstruktur der Sachteildatenbanken durch Verarbeitungsschichten gibt es nicht, nur noch Teilprojekte, die inhaltlich auf verschiedene Art und Weise miteinander verknüpft sind. Diese Verknüpfung wiederum ist niedergelegt in der Teildatenbank *Dokument* und kann über ein Nutzerführungssystem abgefragt werden.

Die Erweiterbarkeit der WADABA wird sofort einsichtig: ein neues Projekt definiert einfach eine neue Teildatenbank. Daten aus anderen Umweltdatenbanken können über die Einrichtung weiterer Teildatenbanken leicht eingebunden werden (s. dazu auch KRASEMANN et al., 1991). Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß jeweils nur die Daten jeder einzelnen Teildatenbank in sich konsistent sein müssen, was das Datenbankdesign und spätere Kontrollen erheblich vereinfacht.

Mit der Projektstruktur bleiben die Daten beisammen, die nach ihren ursprünglichen Fragestellungen auch zusammengehören. Daten themenübergreifender Projekte sind einerseits einfach zusammenzuführen, während es andererseits auch möglich ist, für eventuelle sektorale Fragestellungen eine Teildatenbank einzurichten, die auf den raschen Zugriff einzelner Parameter hin optimiert ist.

Für die thematischen Kartierungen sind bisher folgende Sachdatenbanken in der WADABA eingerichtet:

- SKWURST enthält die Daten des Vorprojektes im Wurster Watt von 1985
- SKSPIEK enthält die Daten des Vorprojektes im Spiekerooger Rückseitenwatt von 1986
- SKBENTH enthält die Benthos- und Sedimentdaten der Sensitivitätskartierung von 1987 bis 1991
- SKVOG enthält die aufbereiteten Literaturdaten über Brut- und Rastvögel
- SKFISCH enthält die fischereibiologischen Daten der Kartierung
- SKOELI enthält die aus SKBENTH und SKVOG heraus berechneten Indizes der Sensitivitätskartierung
- SCHADS enthält die Daten der Schadstoffkartierung

Die Daten zu den Seehunden werden über eigene Projekte der Nationalparkverwaltungen eingebracht.

Der Aufbau aller Teildatenbanken der thematischen Kartierungen in der WADABA ist in Abbildung 6.3.2.2 dargestellt.



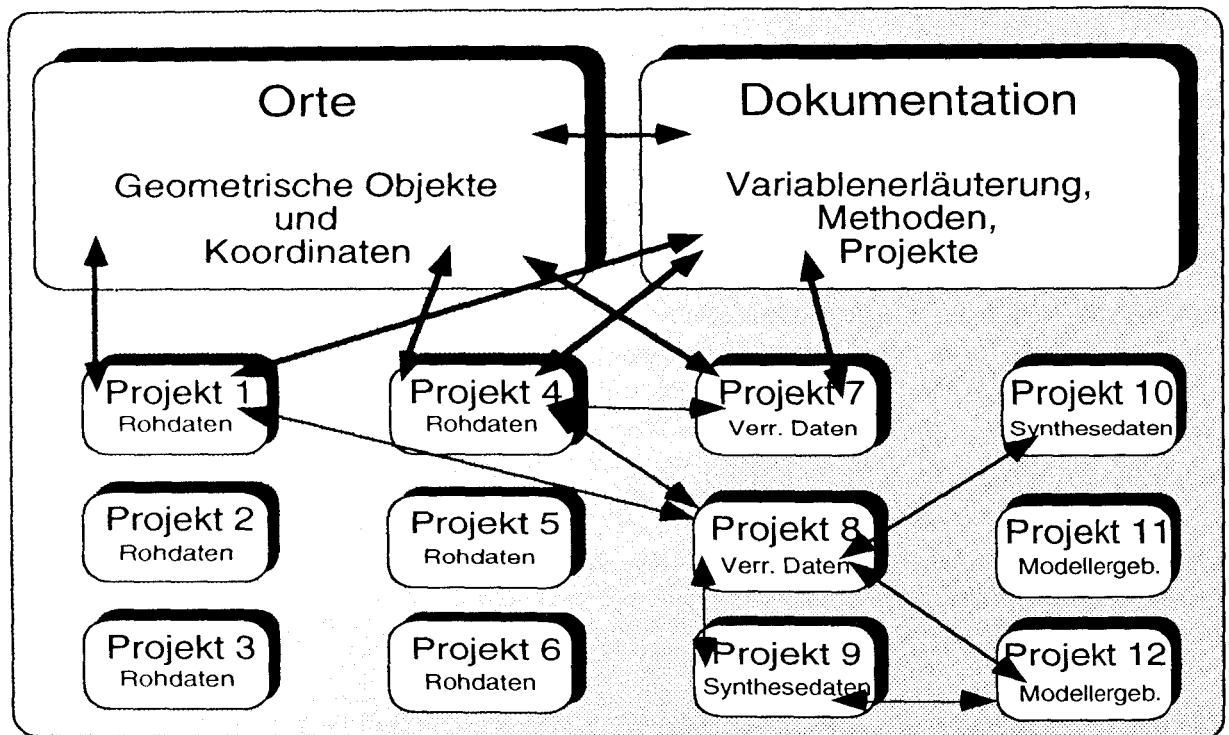


Abb. 6.3.2.1 Die Teildatenbanken der WADABA mit vollständiger Projektstruktur der Sachdaten

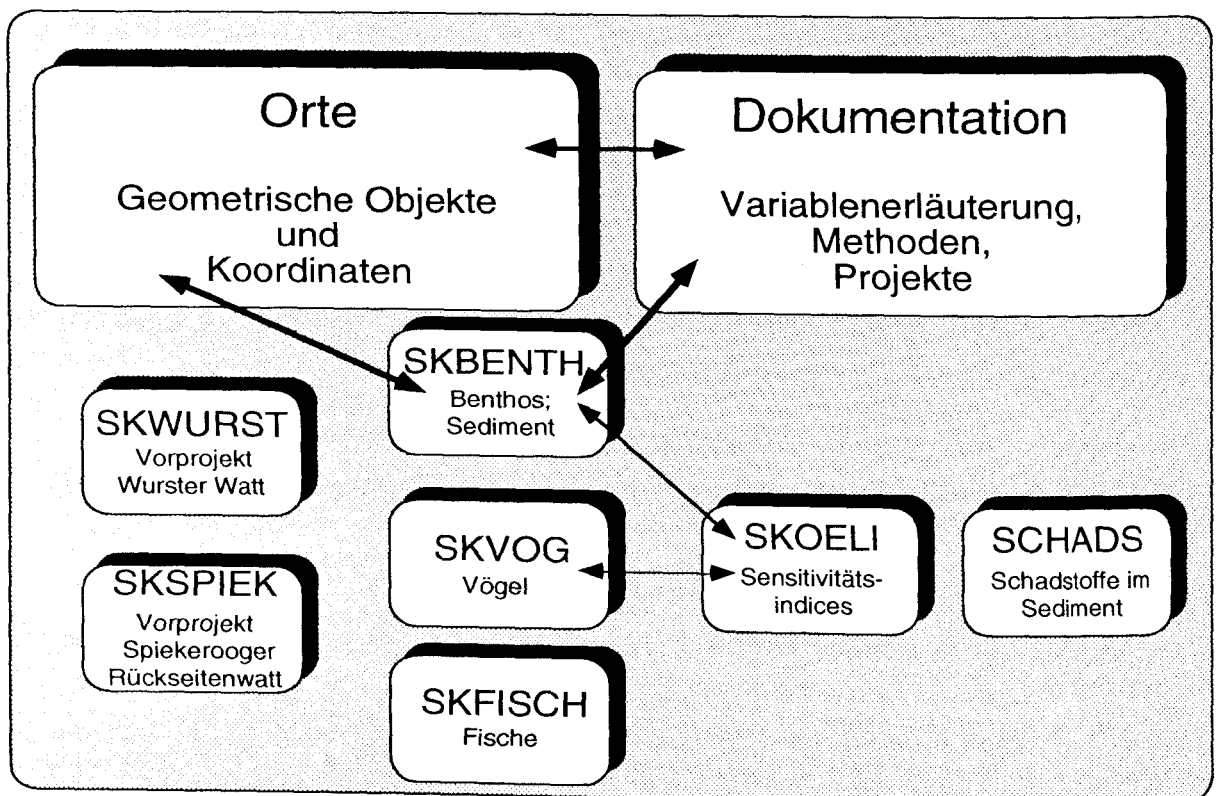
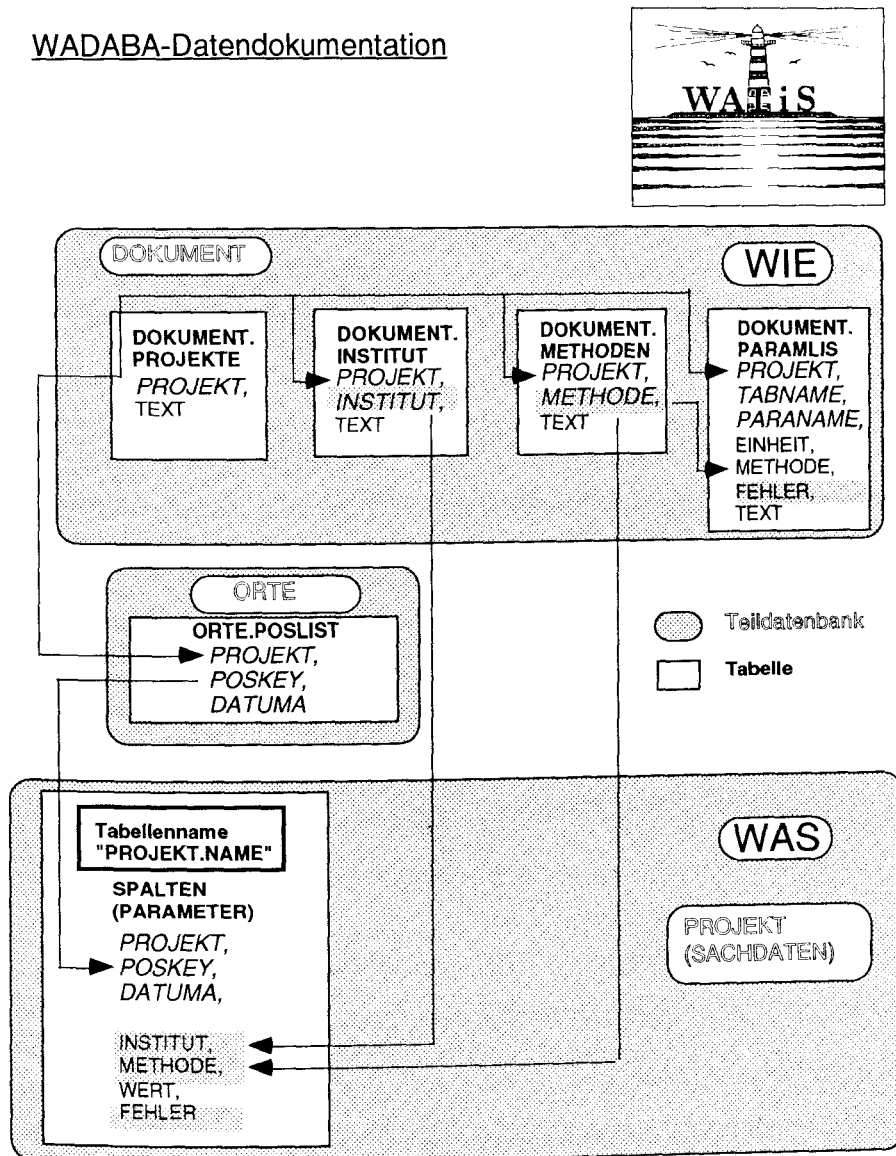


Abb. 6.3.2.2 Die Teildatenbanken der Kartierungsprojekte in der WADABA  
Die Verbindung der Sachdatenbanken zu *Orte* und *Dokumentation* ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nur für SKBENTH gezeichnet.

### 6.3.3 Die Verknüpfung von Sachdaten und Dokumentation (Was und Wie)

Erst eine ausführliche Beschreibung der Datenbank von sich selbst, also ihrer Strukturen und ihren Inhalten, macht sie zu einem nützlichen Werkzeug. Ansonsten bleibt sie wohlstrukturiertes "Datengrab". Eine Metadatenbank sollte also Bestandteil jeder Datenbank sein. Dieser Abschnitt erläutert den Aufbau der WADABA-Metadatenbank *Dokument* und ihre Beziehungen zu den Teildatenbanken der Sachdaten.

#### WADABA-Datendokumentation



Anschaulich wird das unterstützt durch die Abbildung 6.3.3. Es ist sinnvoll, an dieser Stelle genauer auf einzelne Tabellen der WADABA einzugehen. In DB2 besteht jeder Tabellename aus dem "Owner" und dem eigentlichen Tabellennamen. Wir benutzen den "Owner" als Namen der Teildatenbank. Über diesen Weg ergibt sich die Zugehörigkeit der Tabellen zu ihrer Teildatenbank. Im weiteren Text stehen aber nur die eigentlichen Tabellennamen, der volle Name ist Abbildung 6.3.3 zu entnehmen.

In *Dokument* gibt es vier Tabellen:

- PROJEKTE mit einer Kurzbeschreibung aller Projekte,
- INSTITUT mit einer Beschreibung aller Institutionen, die an den Projekten mitwirken,
- METHODEN mit allen Methoden, die ein Projekt verwendet. Auch hier ist zur eindeutigen Kennzeichnung der Name zusammengesetzt aus dem Projekt und dem Methoden Kürzel,
- PARAMLIS mit einer Beschreibung aller Parameter, die in den Tabellen der WADABA vorkommen. Jeder Parameter ist gekennzeichnet durch die Einheit, in der er angegeben

Abb.6.3.3 Die Verknüpfung von Sachdaten und Metainformationen in der WADABA

ist, das Methodenkürzel, das auf die Tabelle METHODEN verweist, seinen Fehler bzw. Vertrauensbereich und seiner eindeutigen Beschreibung im Klartext. Diese Angaben werden hier aber nur für den einfachen Fall gefüllt, daß sie bei jeder Messung gleich sind. Ändern sie sich, so tauchen die entsprechenden Informationen direkt in der Sachdatentabelle auf. Auf diese Weise gibt es ein einfaches System der Dokumentation, das aber komplizierteren Verhältnissen angepaßt werden kann. Weitere Dokumentationen über die Tabellen und Strukturdaten der Spalten finden sich in den entsprechenden Systemtabellen von DB2.

Abbildung 6.3.3 verdeutlicht auch die fundamentale Rolle des Projektes bei der Struktur der WADABA bis hin zum Aufbau ihrer Tabellen. In entsprechender Reihenfolge, festgelegt durch die von uns bestimmten Integritätsregeln zur Gewährleistung vollständiger und konsistenter Daten, müssen auch die Einträge vorgenommen werden. Zuerst wird die Tabelle PROJEKT gefüllt, danach alle weiteren Tabellen von *Dokument*. An erster Stelle steht daher immer der Eintrag der Metainformationen, als zweites folgt die Liste der Positionen (s. folgenden Abschnitt) mit den Koordinaten, erst danach können die zugehörigen Sachdaten eingeladen werden.

#### 6.3.4 Die Verknüpfung von Sachdaten und Raumelementen (Was und Wo)

Die Sachdaten beziehen sich auf topologisch heterogene Orte, in der WADABA Positionen genannt. Das können Punkte, Linien, Flächen oder beliebige Kombinationen daraus sein. Gezeitenströmungen und besonders Sturmflutereignisse verändern die Morphologie des Wattenmeeres ständig, Lage und geometrische Form der Positionen sind also zeitabhängig.

Aus den genannten Gründen werden Koordinaten und geometrische Formen der Positionen in der WADABA völlig entkoppelt von den Sachdaten gehalten. Einziges Verbindungsglied ist eine Tabelle aller Positionsnamen (s. Abbildung 6.3.4).

Zur einheitlichen Kennung erhält jede Position ein Namenstriplet, ähnlich einem Adressenverzeichnis:

- den Projektnamen PROJEKT (analog dem Familiennamen),
- das Positionskürzel POSKEY (analog dem Vornamen),
- das Anfangsdatum DATUMA (eine Art Versionsnummer oder Geburtsdatum).

Positionsnamen müssen also nur innerhalb eines Projektes eindeutig sein.

Diese Liste ist nicht nur Verbindungsglied zwischen Sachdaten und Positionen der WADABA, sie kann auch das Verbindungsglied zu Sachdaten und Orten anderer Datenbanken sein. Das Konzept des Projektes ist damit nicht nur fundamental für die WADABA selbst, sondern auch für einen Verbund von Umweltdatenbanken (KRASEMANN et al., 1991).

Grundsätzlich können sich Positionen auf Koordinaten, abgespeichert als Raster, Gitter, Vektoren in zwei oder drei Dimensionen, beziehen. In der WADABA kommen derzeit nur Vektoren in zwei Dimensionen vor. Im folgenden ist ihre Speicherung nur skizziert; ausführlicher ist diese an anderer Stelle beschrieben (KRASEMANN et al., 1990).

Jede Position ist aufgebaut aus ein oder mehreren topologischen Objekten, diese wiederum aus ein oder mehreren Linien (Eine Linie ist definiert als eine Reihe von Koordinatenpaaren

auf einem bestimmten Maßstab. Ein Punkt wird in diesem Schema angesehen als Linie mit einem einzigen Koordinatenpaar). Genauere Informationen über die Linien (z.B. Maßstab, Quelle, Art der Erstellung) finden sich in der Teildatenbank *Dokument*.

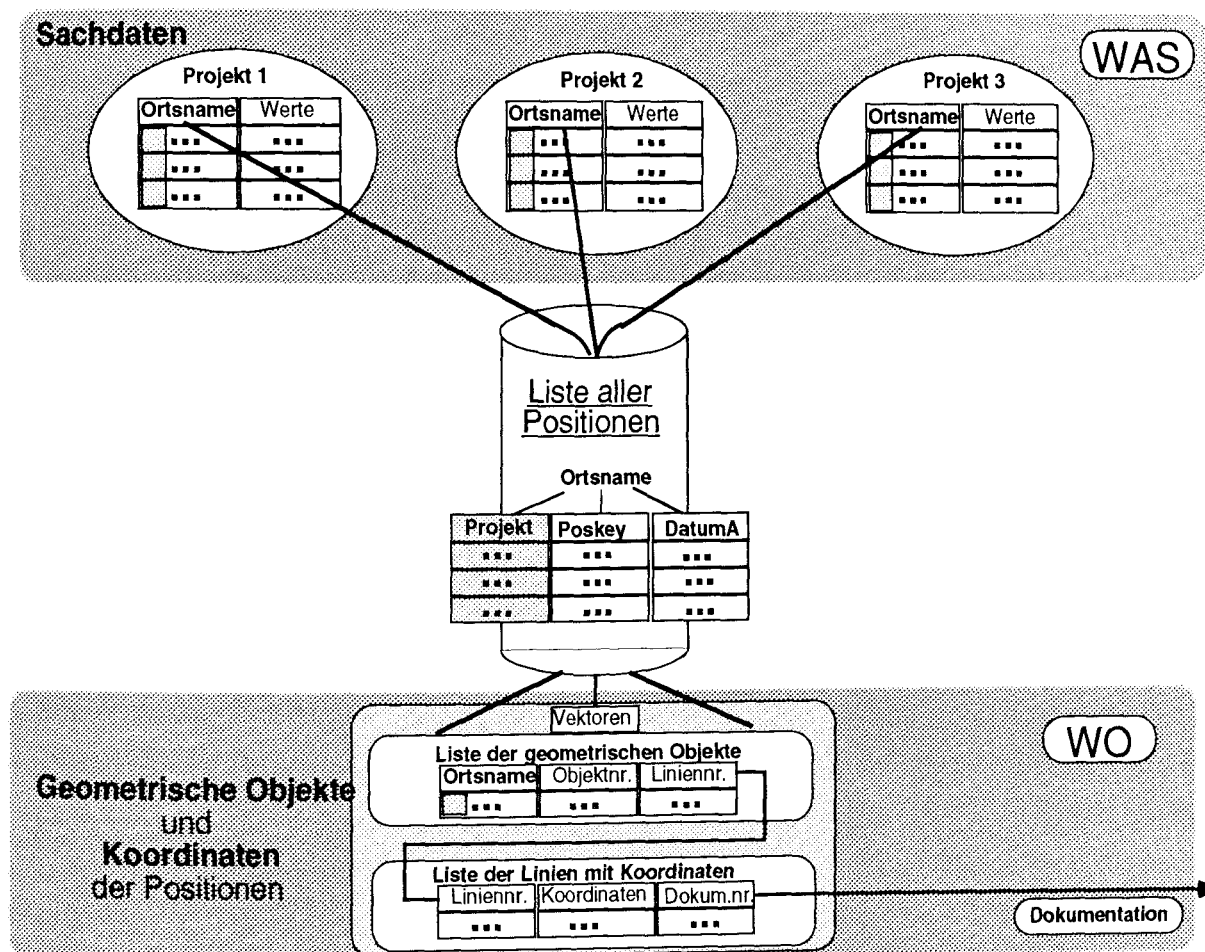


Abb. 6.3.4 Verknüpfung von Sachdaten und Koordinaten in der WADABA

In umgekehrter Richtung kann eine Linie zu mehreren Objekten und ein Objekt zu mehreren Positionen gehören. Jede Linie soll nur einmal in der WADABA vorkommen. Änderungen an Koordinaten beziehen sich dann automatisch auf alle zugehörigen Positionen. Mit dem in Abbildung 6.3.4 gezeigten Schema einer Objekt- und Liniensliste wird sowohl die "viele zu viele" Beziehung zwischen Linien und Positionen als auch die Kontrolle eines einheitlichen und konsistenten Bestandes an Koordinaten möglich. Dieses Schema ist angelegt auf die effektive Speicherung von Koordinaten und nicht im Hinblick auf mögliche topologische Operationen. Diese werden besser mit einem dafür zugeschnittenen Werkzeug, einem Geographischen Informationssystem (GIS) gemacht. Wesentliche Komponente des Wattenmeerinformationssystems ist daher eine Schnittstelle zwischen der WADABA und einem GIS (KRASEMANN et al., 1990).

Um auch in der WADABA einfache topologische Beziehungen zu knüpfen und gleichzeitig den Zugriff auf die Koordinaten zu optimieren, wurde das Prinzip der Kachelung eingeführt: das Gebiet des Wattenmeeres ist mit einem Raster der Auflösung von ca. 3 mal 3 km<sup>2</sup> über-

deckt. Jede Linie liegt in genau einer Kachel und die Positionen werden in einer eigenen Tabelle ihren Kacheln zugeordnet. Das ergibt grobe und für viele Fragestellungen ausreichende Lokalisierungen und Abstände der Positionen untereinander (WILLMANN, 1991).

#### 6.4 Wiederauffinden von Daten - Nutzerführungen

Die Zahl der Teilprojekte in der WADABA wird nach Abschluß der oben erwähnten Forschungsvorhaben an die Hundert betragen. Daraus resultieren einige hundert Tabellen mit insgesamt einigen tausend Variablen. Um sich hier noch zurechtzufinden und zu den gewünschten Daten vorzudringen, benötigen die Nutzer des WATiS ein Führungssystem durch die WADABA. Zwei Führungssysteme können derzeit eingesetzt werden (KRASEMANN et al. 1992):

- auf dem IBM-Großrechner der menügesteuerte LOTSE (LEITHÄUSER et al., 1992; LEITHÄUSER, 1992); dieser ist insbesondere für alle externen Nutzer mit einer einfachen Terminalemulation nutzbar.
- auf einem lokalen Apple-Macintosh-Rechner das McWATiS (WILLMANN, 1993), das nur beim Einladen neuer Daten aus der zentralen WADABA die Netzverbindung benötigt und einfache räumliche Darstellungen der Daten erlaubt.

In beiden Fällen wird der Nutzer oder die Nutzerin mittels eines Suchbaumes zu den Tabellen und Sachdaten geführt und somit die in der Teildatenbank *Dokumentation* abgelegte Information über Projekte, Tabellen und Tabellenspalten zur Verfügung gestellt. Der Einstieg ist möglich über drei Kategorien:

- Projekte: Welche Projekte haben welche Daten erhoben?
- Themen: In welchen Tabellen finde ich zu einem bestimmten Thema (z. B. Benthos) Daten?
- Orte: Welche Projekte haben in einem bestimmten Ortsbereich Daten erhoben; zu welchen Themen gibt es in einem bestimmten Ortsbereich Daten?

Verwirklicht sind bisher die Einstiege über Projekte und Themen; zusätzlich kann der Zeitbereich der Abfrage eingeschränkt werden.

Am Schluß jeder Suche wird automatisch eine Datenbankabfrage auf die gewünschten Daten erzeugt und die Ergebnisse in eine Datei geschrieben, die auf den lokalen Rechner transferiert werden kann. Auf diese Weise können Nutzer und Nutzerinnen ohne Kenntnisse der Datenbankabfragesprache gezielt auf Daten zugreifen. Für erfahrene Datenverarbeiter und Datenverarbeiterinnen besteht auch die Möglichkeit, innerhalb der Nutzerführung eigene Abfrageprozeduren zu formulieren.

Der LOTSE wird bereits vom Umweltbundesamt, der Nationalparkverwaltung in Wilhelmshaven und einigen an der Ökosystemforschung beteiligten Universitätsgruppen benutzt.

#### 6.5 Datenaufbereitung in der Sensitivitätskartierung

Im Rahmen der Sensitivitätskartierung sind eine Reihe von Aufgaben bei der Datenbearbeitung zu erledigen. Diese Arbeiten sind typisch für jede Art von Felderhebungen mit anschließender hoher Aggregation von Einzeldaten zu letztlich einem Wert, hier dem Sensitivitätsindex. Der Arbeitsablauf ist in Abbildung 6.5 dargestellt.

Als erstes wurde die Tabellenstruktur der Teildatenbanken festgelegt. Dabei geht es darum,

ein Datenmodell als geeignete Abstraktion des Teilprojektes festzulegen. Diese Aufgabe kann nur in enger Zusammenarbeit mit den Datenerhebern bewältigt werden, geht es doch darum, sowohl deren Sichtweise des Problems als auch die Erfordernisse einer effektiven Datenspeicherung auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen. Die Feld- und Labordaten wurden danach von Listen in diese Tabellen auf einen PC übertragen. Diese Arbeiten bis zur Aufnahme in die WADABA stellten sich als der zeitaufwendigste Teil der Datenaufbereitung heraus. Zunächst erwies es sich als schwierig, daß für die notwendige Dokumentation der Daten (s. Kapitel 6.3.3) und die in der gesamten WADABA notwendige eindeutige Bezeichnung der Meßpositionen jede Tabelle einen gewissen Überbau an Spalten besitzen mußte, die in den Erhebungslisten nicht vorkamen und die über mehrere Tabellen verteilt waren.

Zusätzlich wurden die Daten an mehreren Orten unabhängig voneinander und meist mit einer Zeitverzögerung nach den Feldarbeiten übertragen, nämlich über die Wintermonate oder nach Abschluß der teilweise zeitintensiven Laborarbeiten. Zur Verfügung standen dazu pro Jahr nur eine volle Arbeitskraft, die die beträchtliche Menge von 350.000 Einträgen pro Jahr zu bewältigen hatte.

Beim Übertragen der Daten von den Listen auf den Rechner traten im wesentlichen drei Arten von Fehlern auf:

1. Übertragungsfehler beim Eintippen
2. Falsche Zuordnungen von Meßstationen und Meßwerten
3. Unvollständige Dateneingabe

Die dritte Fehlerart wurde beim Einladen in die WADABA vom Datenbankverwaltungssystem automatisch erkannt. Die beiden ersten Fehlerarten ließen sich erst nach genauer Inspektion der Daten entweder in Form von Listen, häufig aber erst beim Betrachten verschiedener erzeugter Karten erkennen. Die Korrekturen konnten in der Regel dann erst nach mehreren Runden vollständig abgeschlossen werden.

Parallel dazu wurden topographische Informationen, wie der Verlauf der Küstenlinie, der Niedrigwasserlinie und des Seekartennulls mit dem GIS digitalisiert, dort aufbereitet und anschließend in die WADABA überführt.

Nach Einladen der Sachdaten wurden die Sensitivitätsindizes der punktförmigen Meßpositionen berechnet, und als thematische Karten der Punktstationen in das GIS übertragen. Gemeinsam mit einem Experten wurden unter Zuhilfenahme der topographischen Basisinformationen und weiterer Daten zur Habitatstruktur Areale um die Punktstationen gelegt und so die flächenhaften Aussagen für die Ölsensitivität des Wattenmeeres erzeugt (s. dazu Kapitel 5.3.2).

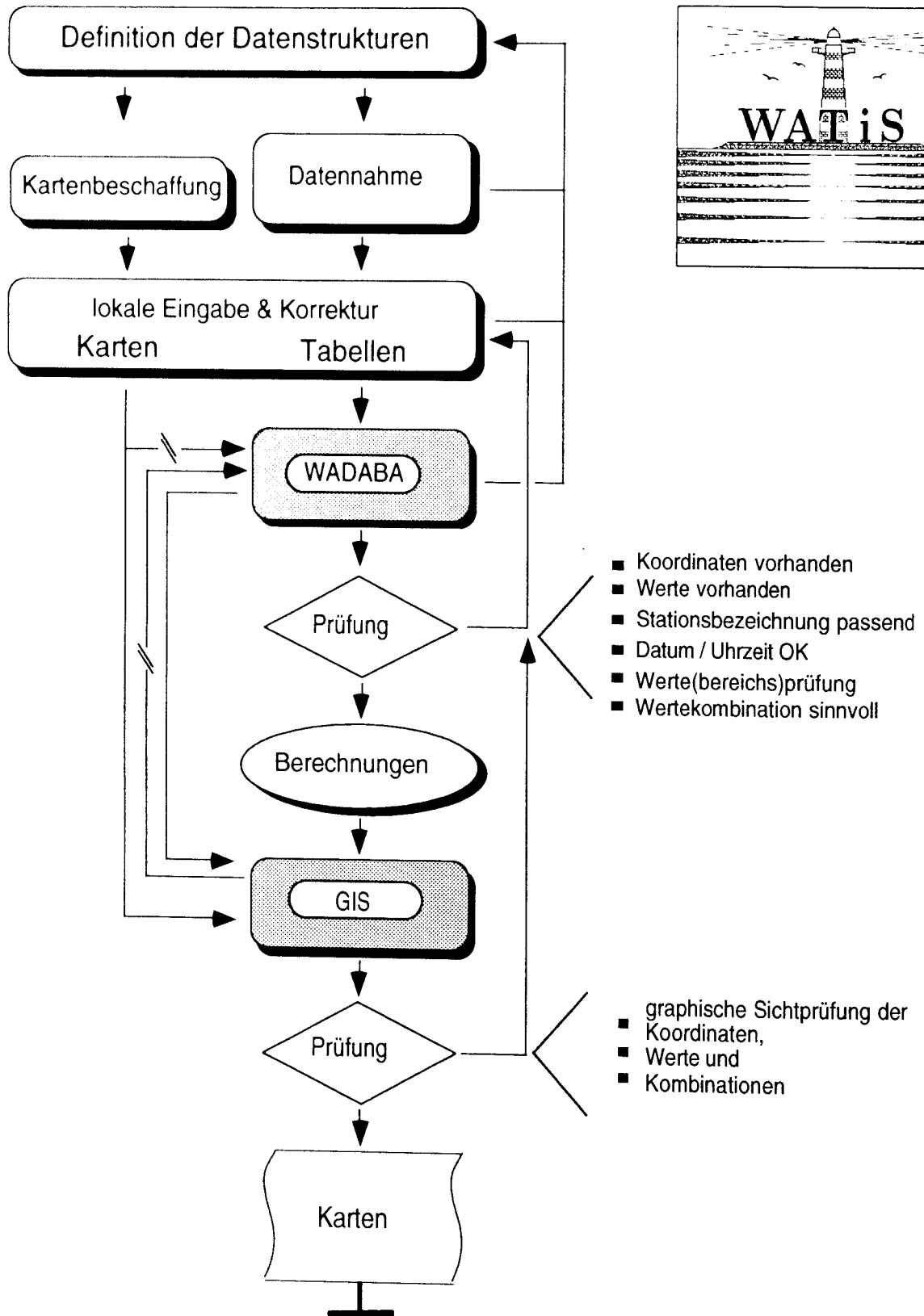


Abb. 6.5 Der Arbeitsablauf der Datenaufbereitung

## 7 KARTENDARSTELLUNGEN

Die Überführung der Feld- und Labordaten in das Wattenmeerinformationssystem WATiS eröffnet vielfältige Möglichkeiten zur Weiterverarbeitung dieses Datenbestandes. Rohdaten und weiterverarbeitete Daten lassen sich rechnergestützt zusammenfassen, räumlich extrahieren und interpolieren und in Form thematischer Karten ausgeben. Dieser Vorgang kann nach Erstellung von Darstellungsmustern mit verhältnismäßig geringem Aufwand für verschiedene thematische Inhalte wiederholt und diese nach Maßgabe miteinander verschnitten werden.

Das WATiS erlaubt automatisierte Kartenerstellung auf zwei Wegen: Einerseits durch Übertragen der inhaltlichen und räumlichen Informationen in ein "Geographisches Informationssystem" (GIS) für Vektorkarten, andererseits direkt aus der WADABA heraus durch Rasterung und Verschneidung derselben Informationen.

### 7.1 Kartenerstellung in Vektorform

Die vektorielle Ausgabe thematischer Karten leistet ein Geographisches Informationssystem (GIS). Im WATiS wird das System ARC/INFO der Fa. ESRI verwendet. Das GIS dient nicht allein der Ausgabe von Bildern, es bietet auch vielfältige Möglichkeiten, räumliche Informationen aufzunehmen, weiterzuverarbeiten und abzufragen.

#### 7.1.1 Datenaufnahme und -aufbereitung der räumlichen Informationen für die Sensitivitätskartierung

Von der Datenaufnahme im Gelände über die digitale Eingabe der Daten in die WADABA bis hin zur kartographischen Darstellung der Ergebnisse müssen eine Reihe von Arbeitsschritten mit dem GIS ausgeführt werden.

##### Aufnahme eines topographischen Hintergrundes (TK25)

Die topographischen Informationen aus der TK25 wurden mit dem GIS digitalisiert, topologisch aufbereitet, an die strukturellen Vorgaben der WADABA (s. Kap. 6.3.4) angepaßt und anschließend in die WADABA überführt. Die Aufnahme der linienhaften Elemente umfaßt die Küstenlinie, die Deichlinie und die Niedrigwasserlinie. Zur topologischen Aufbereitung wurden folgende Flächenzuweisungen bzw. -abgrenzungen vorgenommen: Festland, Vorland, Wattfläche, Wasser oder Wattstrom, Insel und Sand. Zusätzlich wurden textliche Karteninhalte wie zum Beispiel die Namen bestimmter Wattbereiche oder Orte aufgenommen. Die Aufnahme der Flächeninhalte und der Texte dient ausschließlich der kartographischen Darstellung, wohingegen die linienhaften Elemente zusätzlich zur Habitatabgrenzung herangezogen wurden.

##### Festlegung der Flächenzuordnung für die Benthos-Sediment-Indexklassen

In diesem Schritt wurden die Koordinaten der Meßpositionen zusammen mit den in der WADABA berechneten Sensitivitätsklassen und den Tabellen zur Habitatstruktur in das GIS übertragen. Die Festlegung der Habitatgrenzen erfordert biologischen Sachverstand und Ortskenntnisse. Gemeinsam mit den Wattkartierern wurden daher anhand dieser Informationen und der topographischen Basisinformationen Areale um jede Meßstation gelegt, um zu flächenhaften Aussagen zu gelangen.

##### Festlegung der Flächenzuordnung für die Vogel-Indexklassen

Eine entsprechende räumliche Interpolation erfolgte auch für die Vogelbeobachtungen. Die



Gebietsabgrenzung richtet sich dabei nach dem Flugradius der einzelnen Vogelarten. Auch diese Informationen wurden an die topographische Basisinformation angepaßt.

#### Verschneidung der Benthos-Sediment-Indexklassen mit den Vogelindexklassen

Im diesem Arbeitsschritt wurden die Areale der Benthos-Sediment-Indexklassen und der Vogelindexklassen (s. Abb. 7.1.2.6 - 7.1.2.9) miteinander verschnitten. Aus diesem Arbeitsschritt resultiert die größte gemeinsame Geometrie beider Themen. Der aus der Verschneidung resultierende Vogel-Benthos-Sediment-Klassenwert ergibt sich aus der Addition der Einzelklassen, so daß die Spannbreite der Klassen hier acht beträgt.

#### Kartenerstellung

Für die Sensitivitätskartierung wurden Karten in zwei Formaten bzw. Maßstäben erstellt: Karten im A3 Format im Maßstab 1:700.000 und Karten im Maßstab 1:25.000 entsprechend des Blattschnittes der KFKI-Karte.

### 7.1.2 Thematische Karteninhalte

Die Abbildungen 7.1.2.1 bis 7.1.2.9 zeigen eine Auswahl der möglichen thematischen Ausgaben für die Sensitivitätskartierung. Die Vogelklassen sind zeitlich differenziert für die Jahreszeiten November bis Februar, März bis Juni und Juli bis Oktober dargestellt. Es besteht allerdings auch die Möglichkeit einer monatlichen Darstellung bzw. des Jahreswertes der Sensitivitätsklassen. Die Benthos-Sediment-Klassen werden als Jahreswert dargestellt. Der Benthos-Sediment -Wert und der Vogel-Wert wird in 4 Klassen dargestellt, wobei die Klasse 1 geringe und die Klasse 4 hohe Sensitivität gegen Öl bedeutet. Bei der Darstellung der Vogel-Benthos-Sediment-Klassen zeigt auch hier die Klasse 1 geringe, die Klasse 8 hohe Sensitivität gegen Öl an. Die Darstellung erfolgt in den 4 Farbstufen grün, gelb, rot, pink von niedriger zu hoher Sensitivität gegen Öl.

Neben diesen thematischen Inhalten enthalten alle Karten topographische Informationen: in den Karten im Maßstab 1:700.000 sind Inseln und Sände farblich hinterlegt und die Küstenlinie, Deichlinie und Niedrigwasserlinie farblich hervorgehoben. Desweiteren erfolgt eine linienhafte Abgrenzung der einzelnen Sensitivitätsflächen.

### 7.1.3 Erläuterung zu den Karten für die Ölbekämpfung

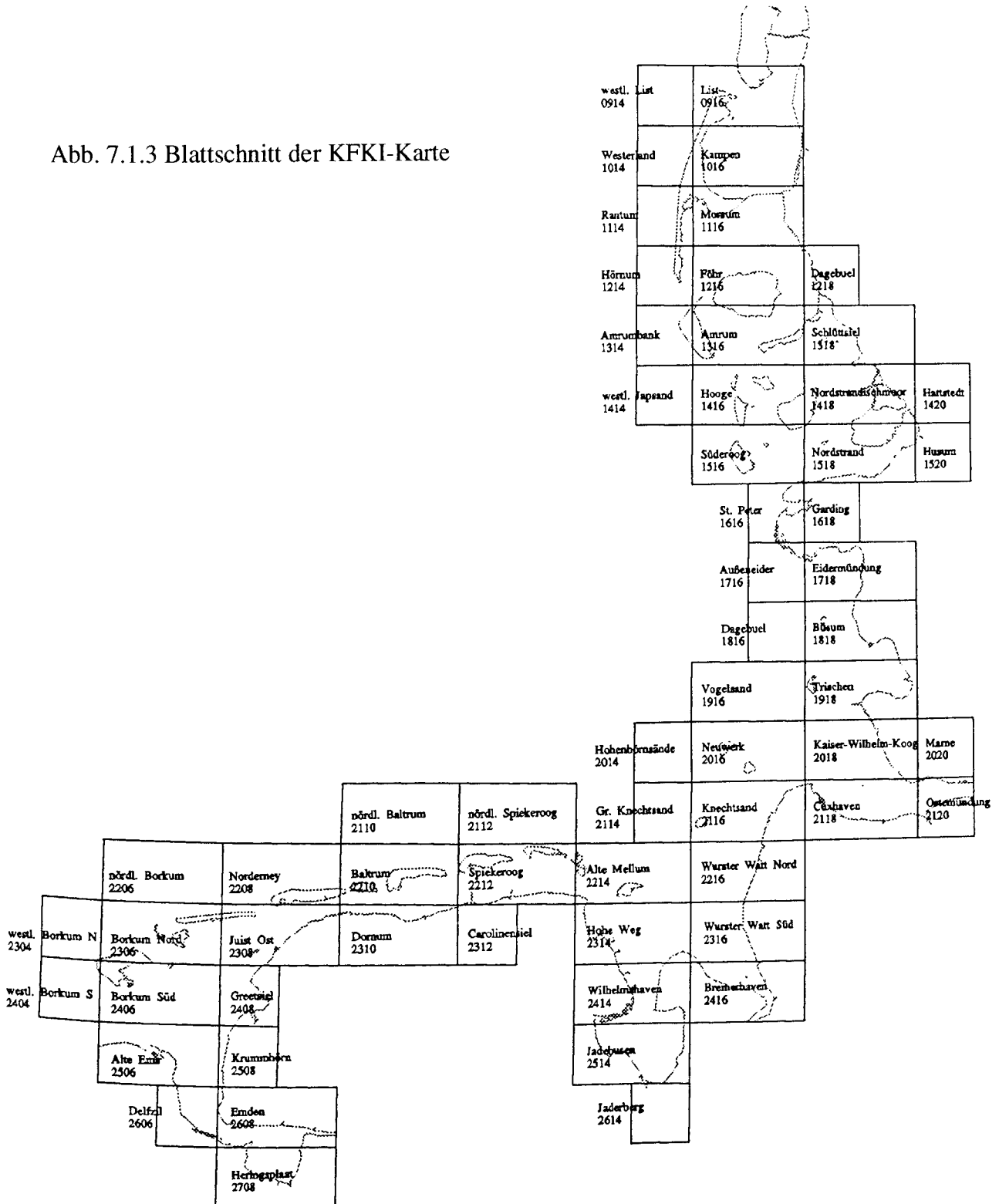
Das Kartenlayout und der Blattschnitt der Karten für die Ölbekämpfung wurde in Zusammenarbeit mit dem SLÖ und den Ämtern für Land- und Wasserwirtschaft festgelegt. Auf Wunsch dieser Behörden werden Karten im Maßstab 1:25.000 entsprechend dem Blattschnitt der KFKI-Karte erstellt. Daraus resultieren 64 Kartenblätter (je 104 • 61 cm<sup>2</sup>) zur Abdeckung des deutschen Wattesmeeres (Abb. 7.1.3). In diesen Karten ist es aufgrund des größeren Maßstabes möglich, topographische Informationen wie Wattflächen, Wasser oder Wattstrom, Festland und Vorland darzustellen. In jeder Sensitivitätsfläche wird außerdem die entsprechende Sensitivitätsklasse eingetragen.

Für jedes Kartenblatt werden 3 jahreszeitliche Themen dargestellt. Für die Monate November bis Februar (Winter) gelten nur der Benthos-Sediment-Klassen (4 Klassenwerte, s.o.), für die Monate März (Frühling) bis Juni und Juli (Sommer) bis Oktober gelten die Vogel-Benthos-Sediment-Klassen (8 Klassenwerte, s.o.). Jedes Kartenblatt kann anhand seines Namens oder der Blattnummer identifiziert werden. Der Kartenschlüssel am oberen rechten Karten-

rand beginnt mit einem S für Sensitivitätskartierung, es folgt die Kartenummer und ein Schlüssel für die Jahreszeit: WI für Winter, FR für Frühling oder SO für Sommer.

Die Darstellung am linken unteren Kartenrand zeigt, welche Nachbarkarten für das Kartenblatt vorhanden sind. Alle Karten liegen im GKSS Forschungszentrum Geesthacht und bei der SLÖ, Cuxhaven, zur Einsicht vor

Abb. 7.1.3 Blattschnitt der KFKI-Karte



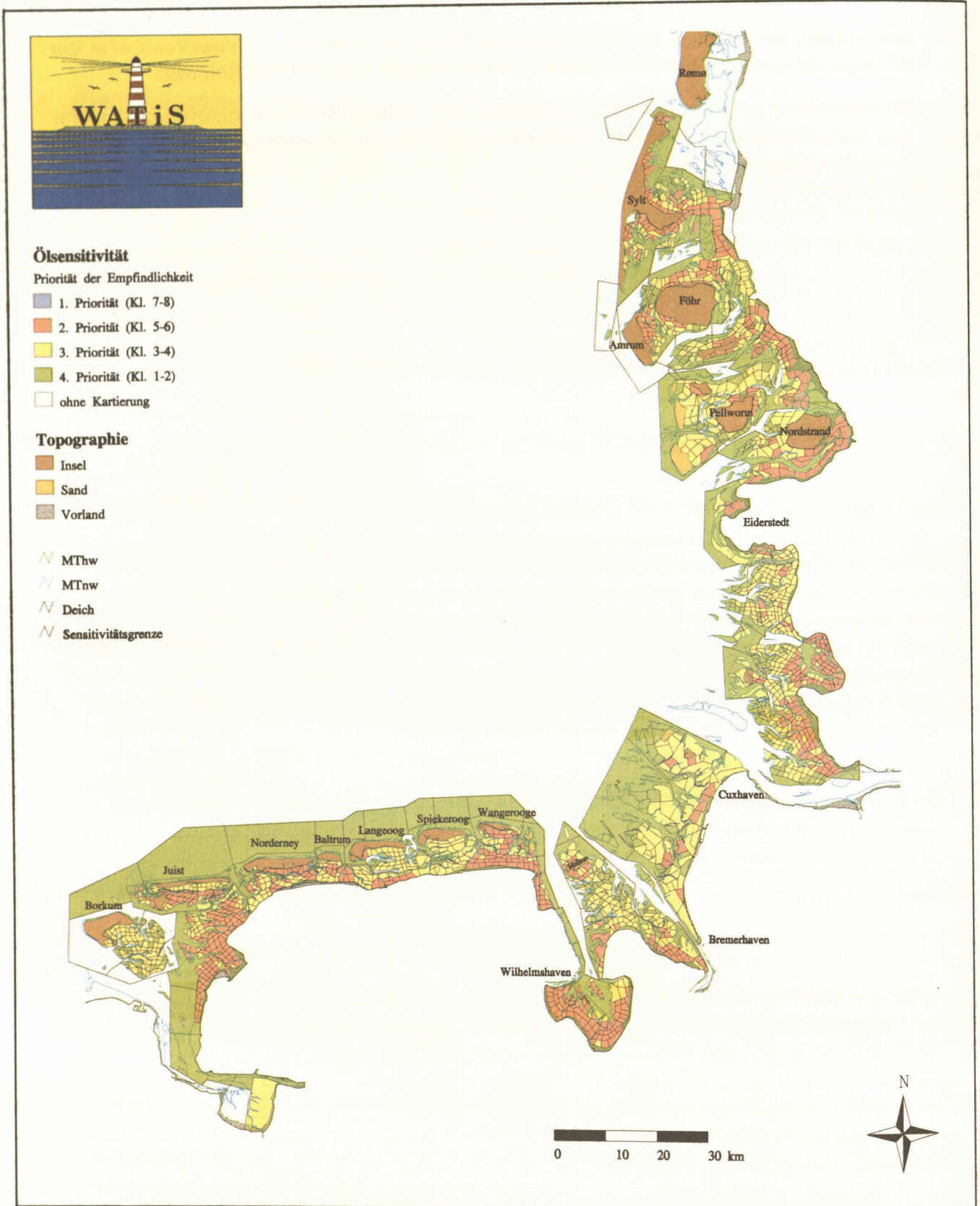
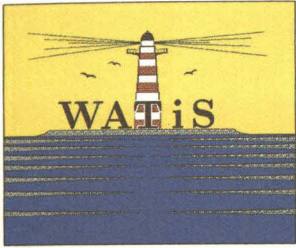


Abb. 7.1.2.1 Thematische Kartierung: Ölsensitivität  
 Karte 1: Vogel-Benthos-Sediment-Klasse  
 November bis Februar



**Ölsensitivität**

Priorität der Empfindlichkeit

- 1. Priorität (Kl. 7-8)
- 2. Priorität (Kl. 5-6)
- 3. Priorität (Kl. 3-4)
- 4. Priorität (Kl. 1-2)
- ohne Kartierung

**Topographie**

- Insel
- Sand
- Vorland

- MThw
- MTnw
- Deich
- Sensitivitätsgrenze

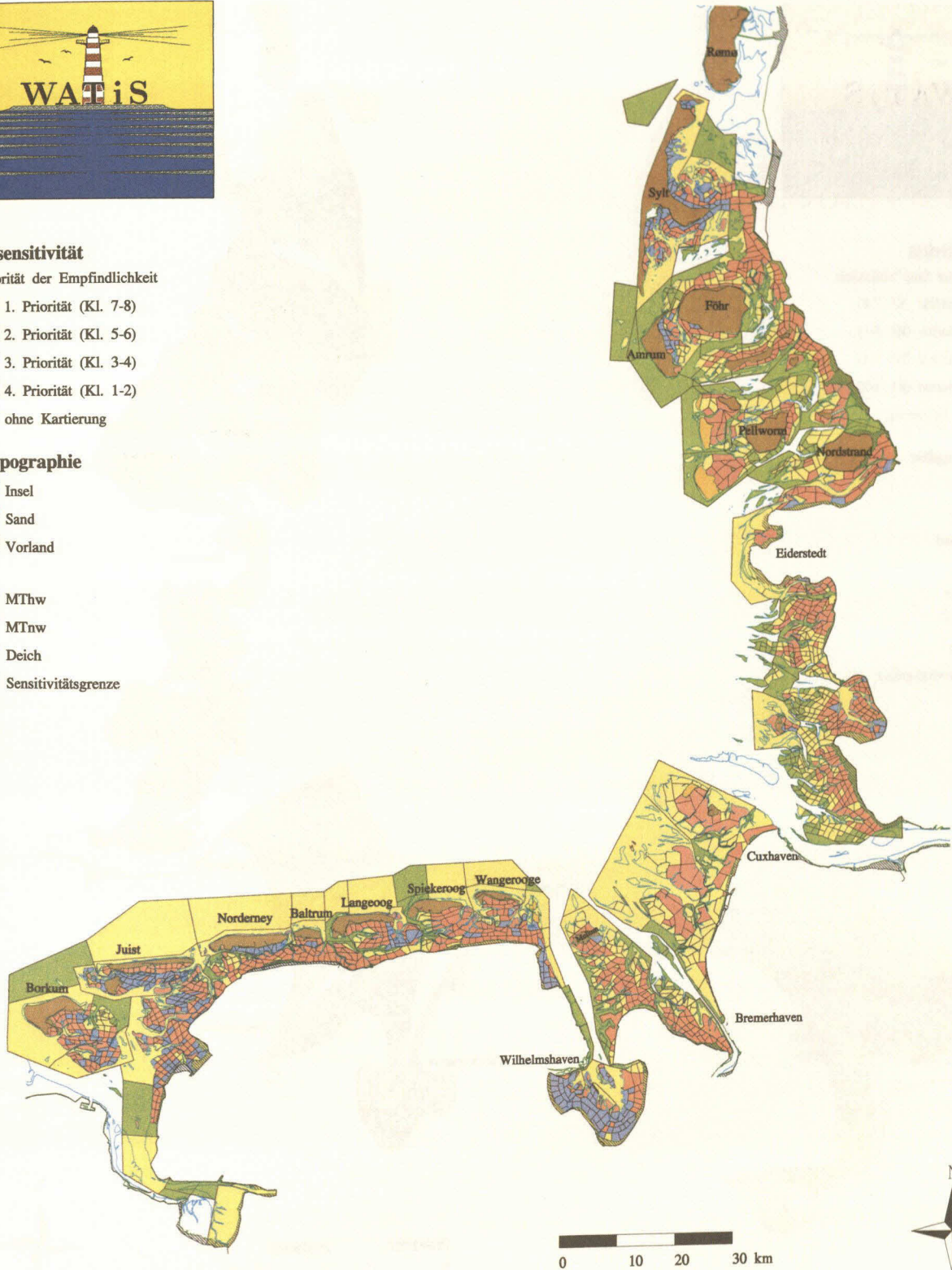


Abb. 7.1.2.2 Thematische Kartierung: Ölsensitivität  
 Karte 2: Vogel-Benthos-Sediment-Klasse  
 März bis Juni

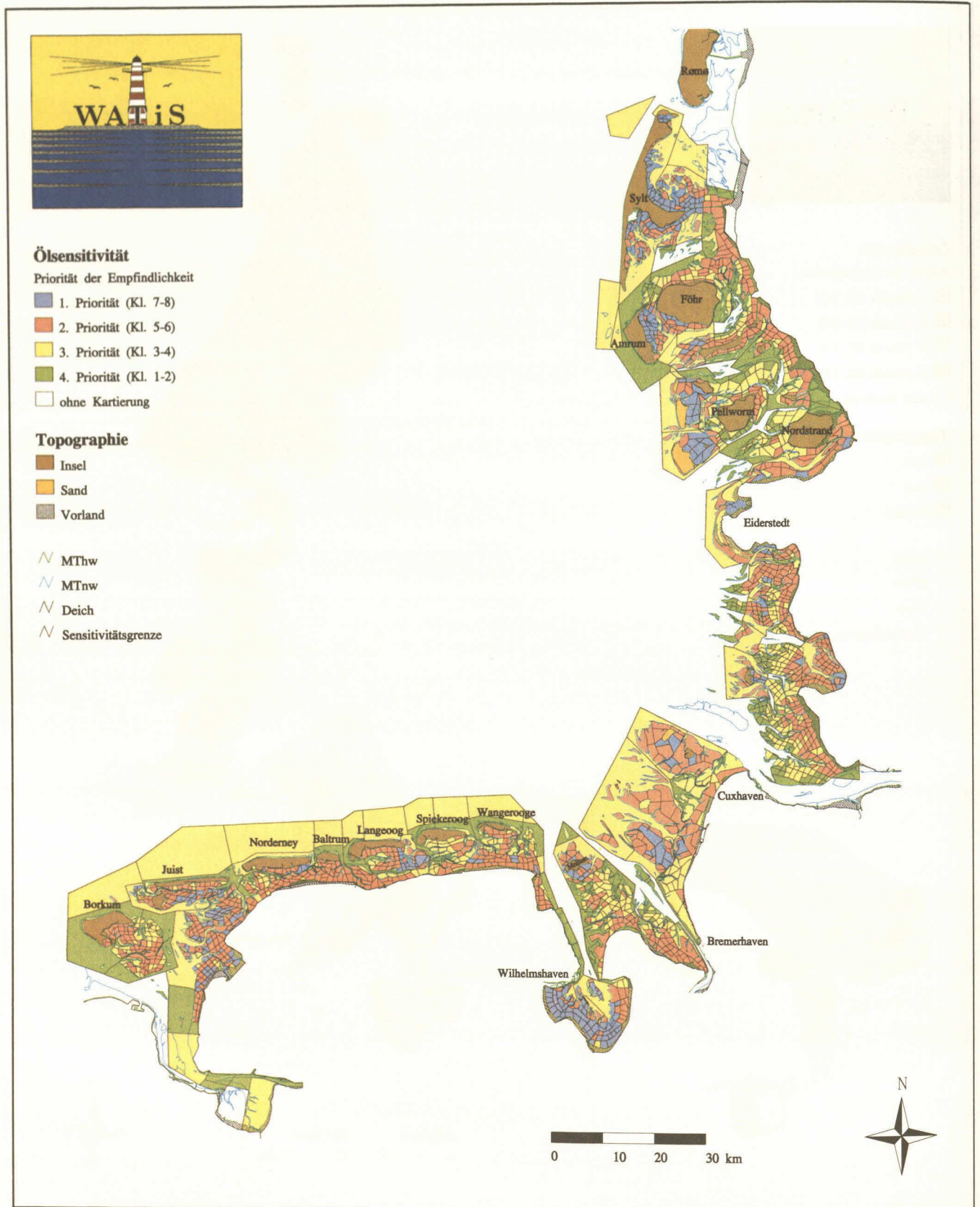


Abb. 7.1.2.3 Thematische Kartierung: Ölsensitivität  
 Karte 3: Vogel-Benthos-Sediment-Klasse  
 Juli bis Oktober

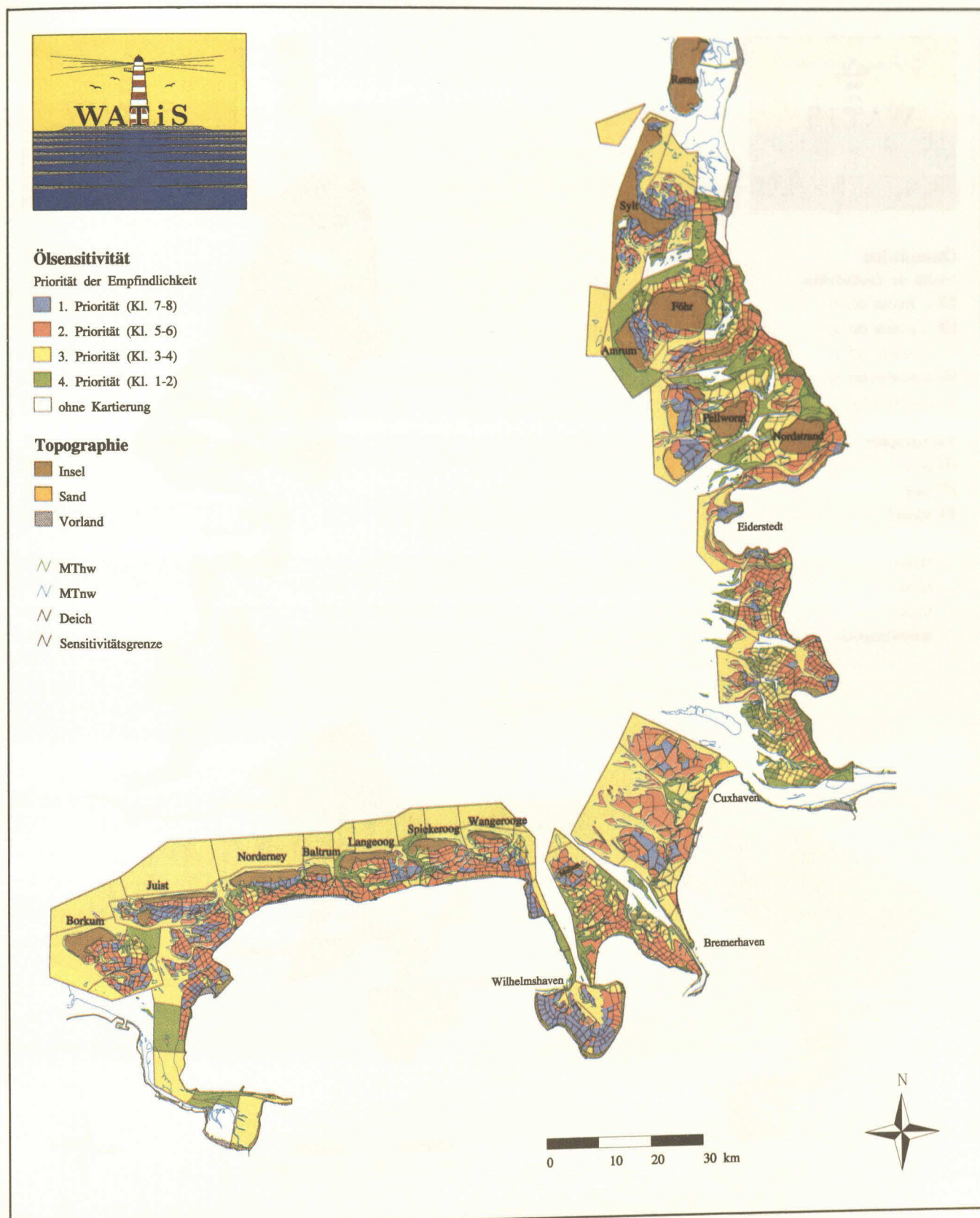


Abb. 7.1.2.4 Thematische Kartierung: Ölsensitivität  
 Karte 4: Vogel-Benthos-Sediment-Klasse  
 Jahresmittel

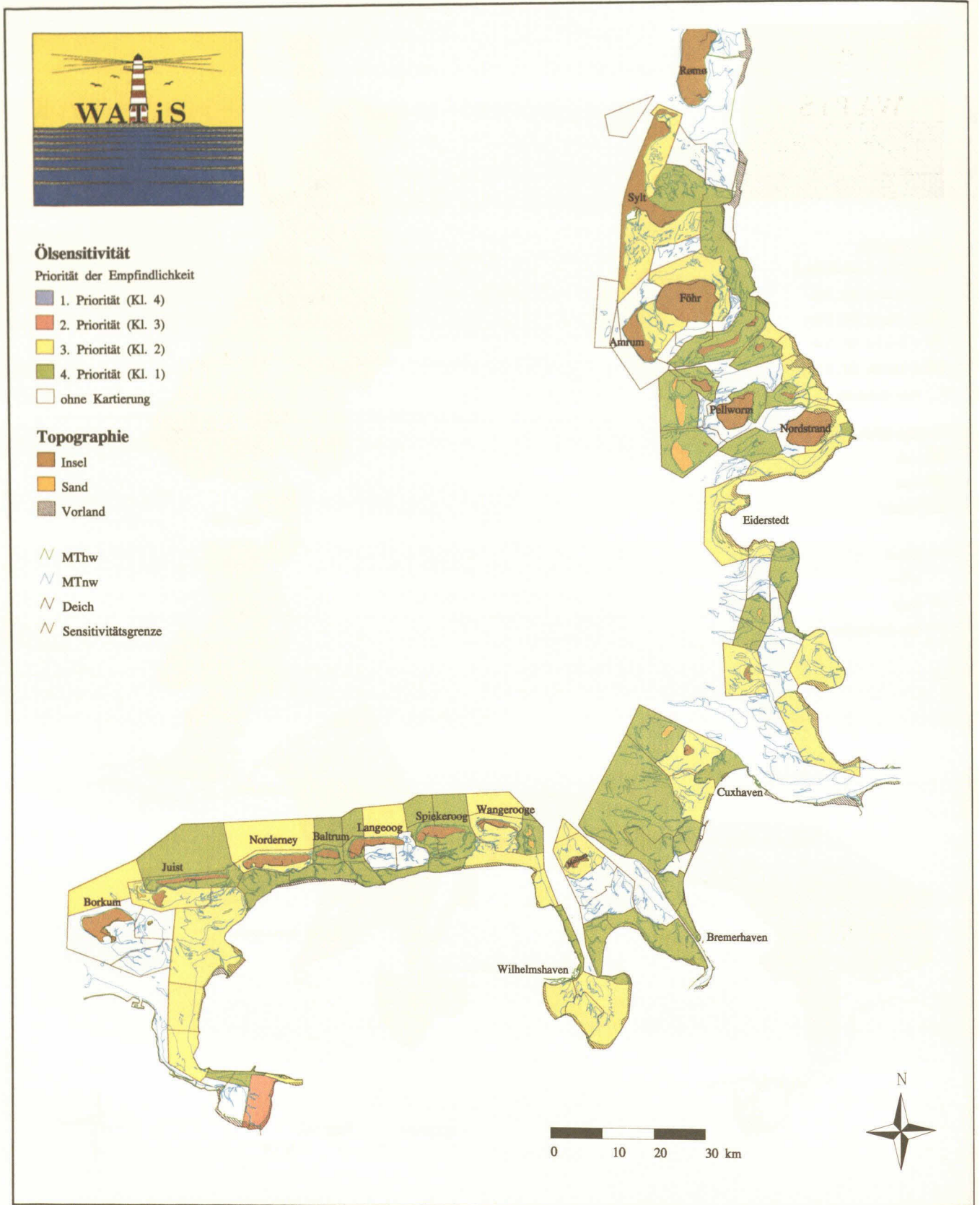
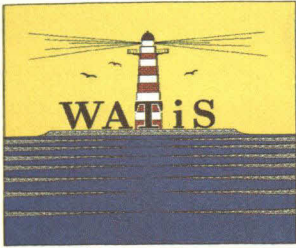


Abb. 7.1.2.5 Thematische Kartierung: Ölsensitivität  
 Karte 1: Vogel-Klasse  
 November bis Februar



**Ölsensitivität**

Priorität der Empfindlichkeit

- 1. Priorität (Kl. 4)
- 2. Priorität (Kl. 3)
- 3. Priorität (Kl. 2)
- 4. Priorität (Kl. 1)
- ohne Kartierung

**Topographie**

- Insel
- Sand
- Vorland

- MThw
- MTnw
- Deich
- Sensitivitätsgrenze

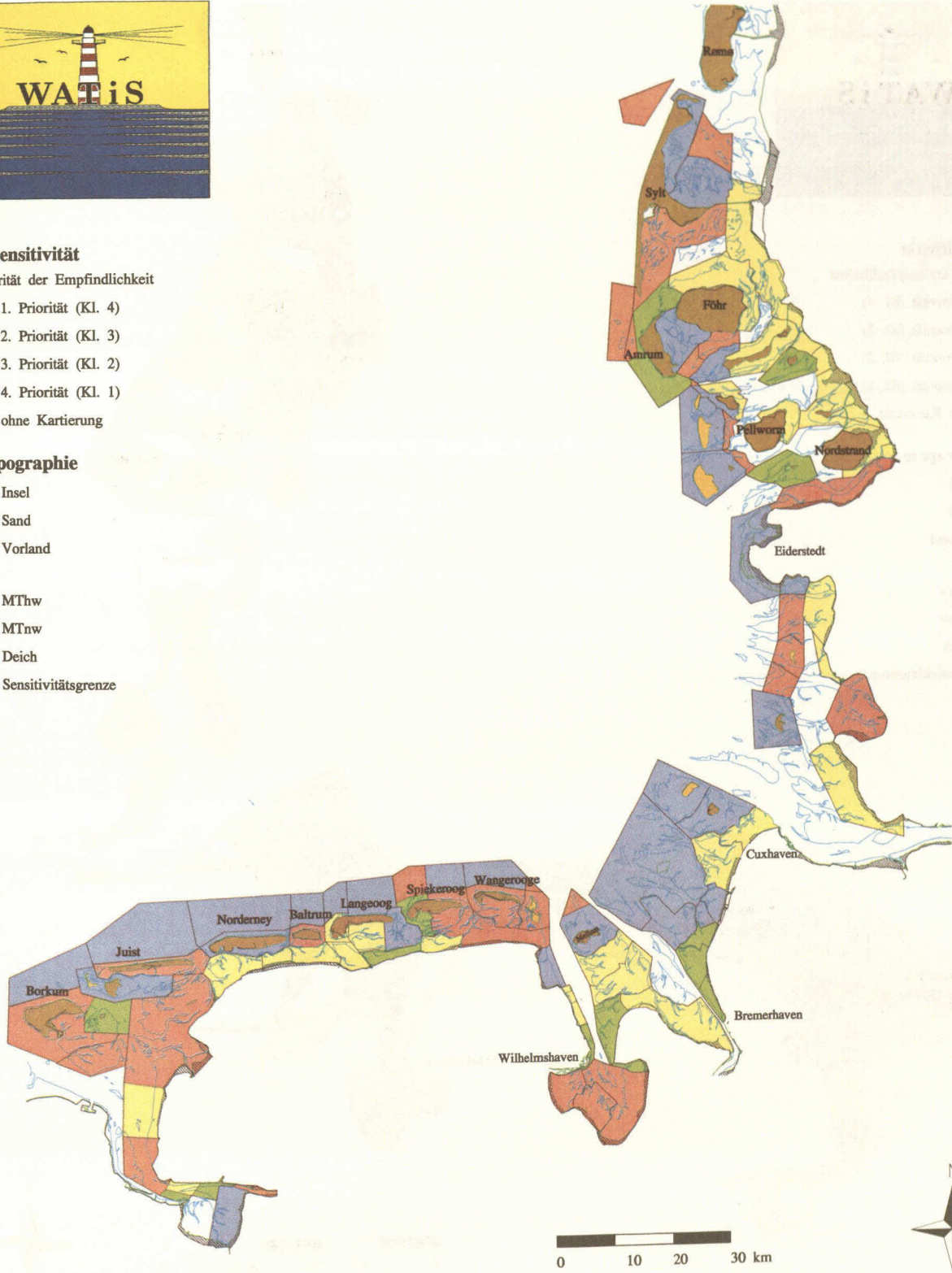


Abb. 7.1.2.6 Thematische Kartierung: Ölsensitivität  
Karte 2: Vogel-Klasse  
März bis Juni



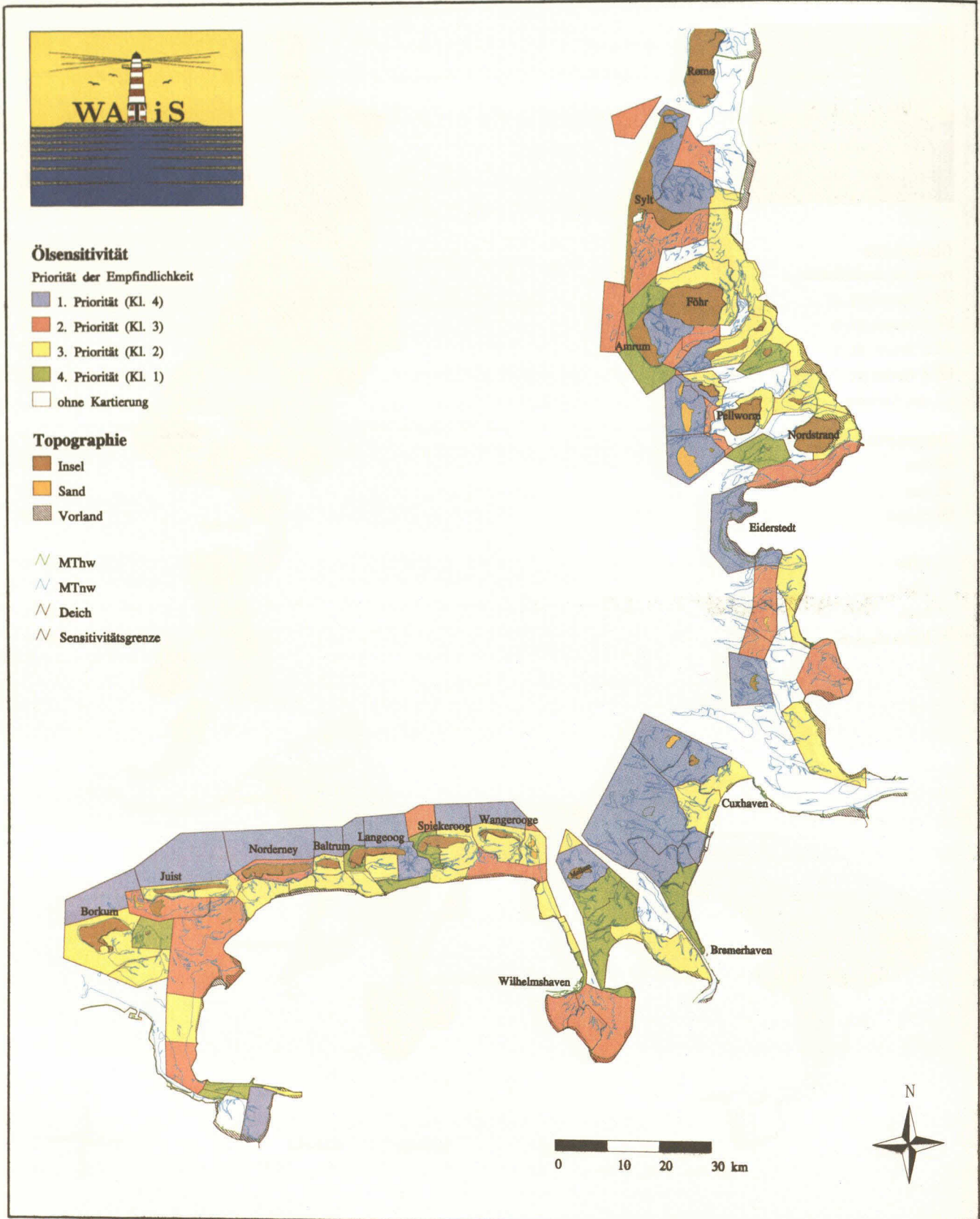
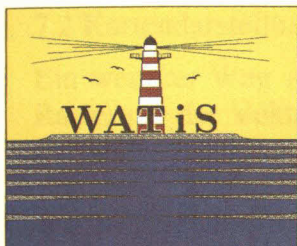


Abb. 7.1.2.7 Thematische Kartierung: Ölsensitivität  
 Karte 3: Vogel-Klasse  
 Juli bis Oktober



**Ölsensitivität**

Priorität der Empfindlichkeit

- 1. Priorität (Kl. 4)
- 2. Priorität (Kl. 3)
- 3. Priorität (Kl. 2)
- 4. Priorität (Kl. 1)
- ohne Kartierung

**Topographie**

- Insel
- Sand
- Vorland

- MThw
- MTnw
- Deich
- Sensitivitätsgrenze

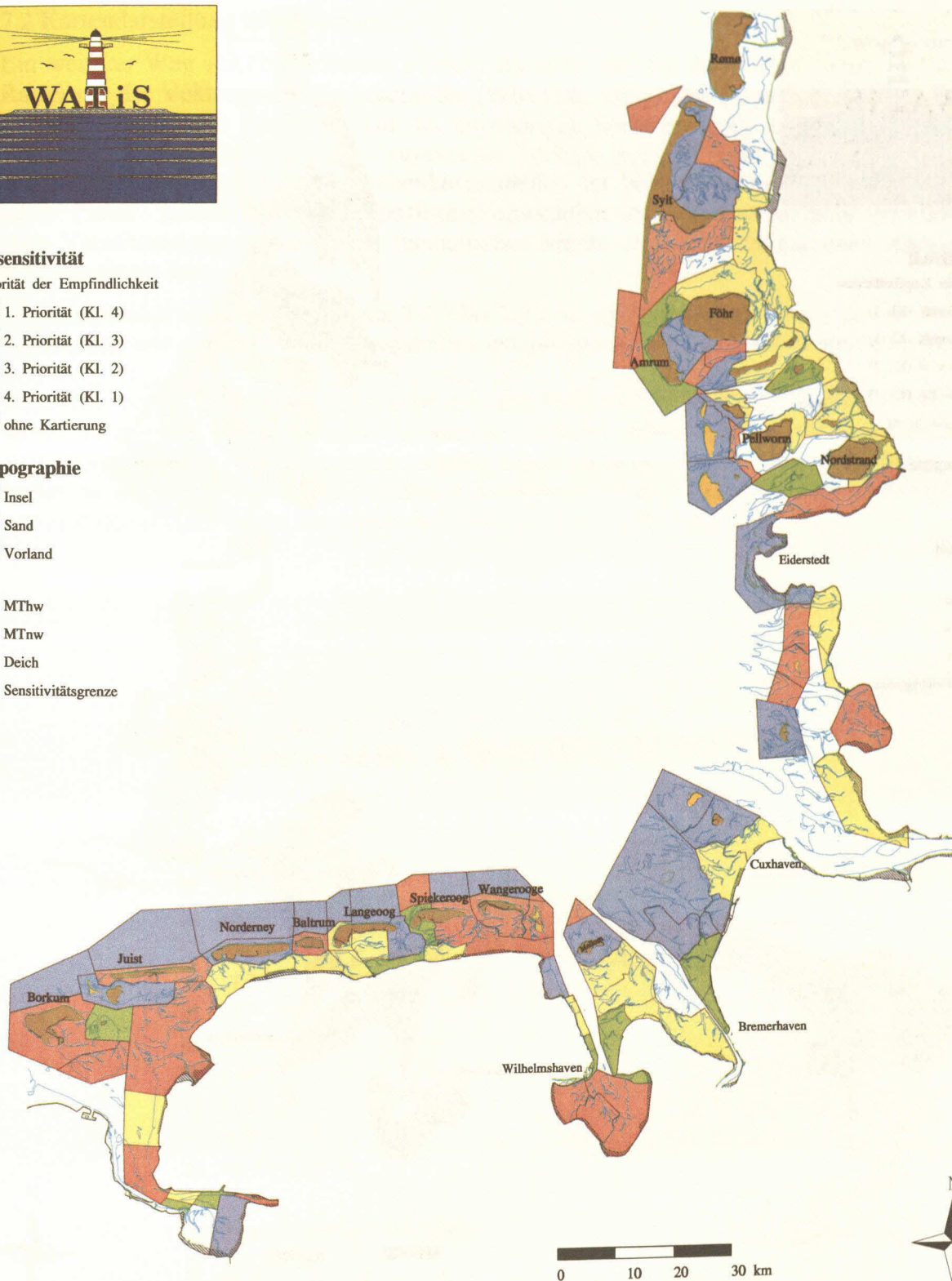


Abb. 7.1.2.8 Thematische Kartierung: Ölsensitivität  
Karte 4: Vogel-Klasse  
Jahresmittel

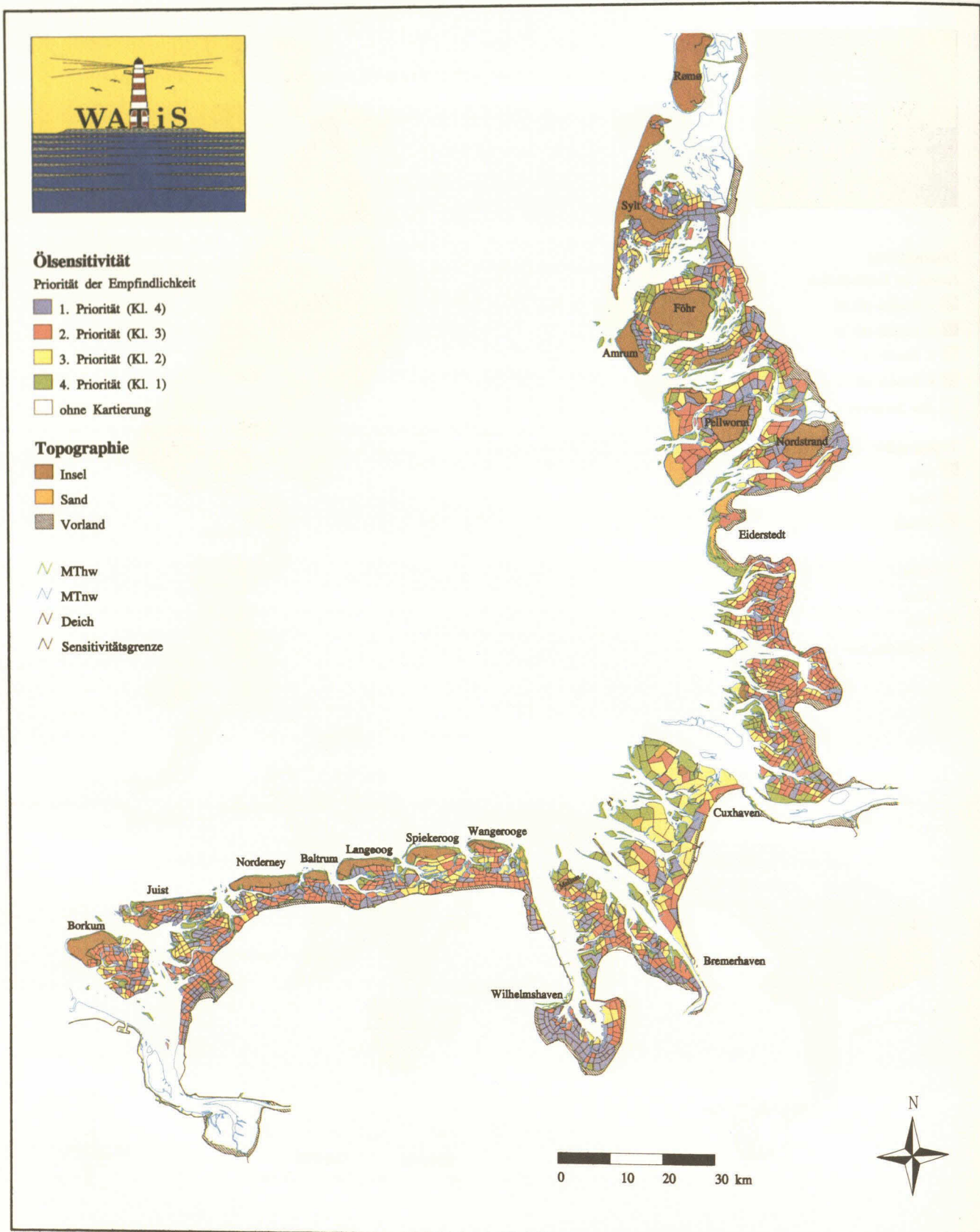


Abb. 7.1.2.9 Thematische Kartierung: Ölsensitivität Benthos-Sediment-Klasse

## 7.2 Kartendarstellung in Rasterform

Ein weiterer Weg zur flächenhaften Darstellung direkt aus der WADABA heraus ist in der Rasterung der Vektorgeometrie beschriftet (WINTER, 1993). Die Rasterzellen sind in ihrer Größe frei wählbare Rechtecke auf der zugehörigen Seekarte. Jeder Rasterzelle wird der Wert der zugehörigen Meßposition zugeordnet. Im Falle mehrerer Positionen pro Rasterzelle wird über themenspezifische Entscheidungstabellen der Wert festgelegt. Dieses Verfahren ist für Punkt-, Linien- und Flächenpositionen anwendbar und stellt eine Methode zur räumlichen Verschneidung verschiedener thematischer Inhalte unter Verwendung einer relationalen Datenbank dar.




Ergebnisse sind in den Abbildungen 7.2.1 bis 7.2.8 zu sehen. In diesen Karten ist sowohl die Küstenlinie wie auch die Niedrigwasserlinie entsprechend einer Seekarte in Mercatorprojektion aufgetragen (aus KOOPMANN et al., 1993). Über diesen Hintergrund ist das farbige Rasterbild gelegt. Abbildung 7.2.1 zeigt die verschiedenen Stationstypen im Bereich des Jadedbusens und des Hohen Weges, Abbildung 7.2.5 das gleiche für den Bereich zwischen Pellworm und Föhr. In den weiteren Karten sind qualitative Daten aus den Streckenprotokollen an den Netz- und Intensivstationen verarbeitet: Vorkommen von *Lanice conchilega*, von *Arenicola marina* und der unterschiedliche Grad der Schillbedeckung.

### Legende

#### Abbildungen 7.2.1 bis 7.2.8

#### "Thematische Kartierung des Deutschen Wattenmeeres"



##### Abb.: 7.2.1 / 7.2.5 Stationen

-  Zwischenstation
-  Netzstation
-  Intensivstation/Terminstation




##### Abb.: 7.2.2 / 7.2.6 *Arenicola marina*

-  keine *Arenicola*
-  weniger als 1
-  1 bis 10
-  11 bis 50
-  mehr als 50
-  viel mehr als 50

##### Abb.: 7.2.3 / 7.2.7 *Lanice conchilega*

-  kein *Lanice*
-  *Lanice* vorhanden

##### Abb.: 7.2.4 / 7.2.8 Schillbedeckung

-  keine Schillbedeckung
-  leichte Schillbedeckung
-  starke Schillbedeckung

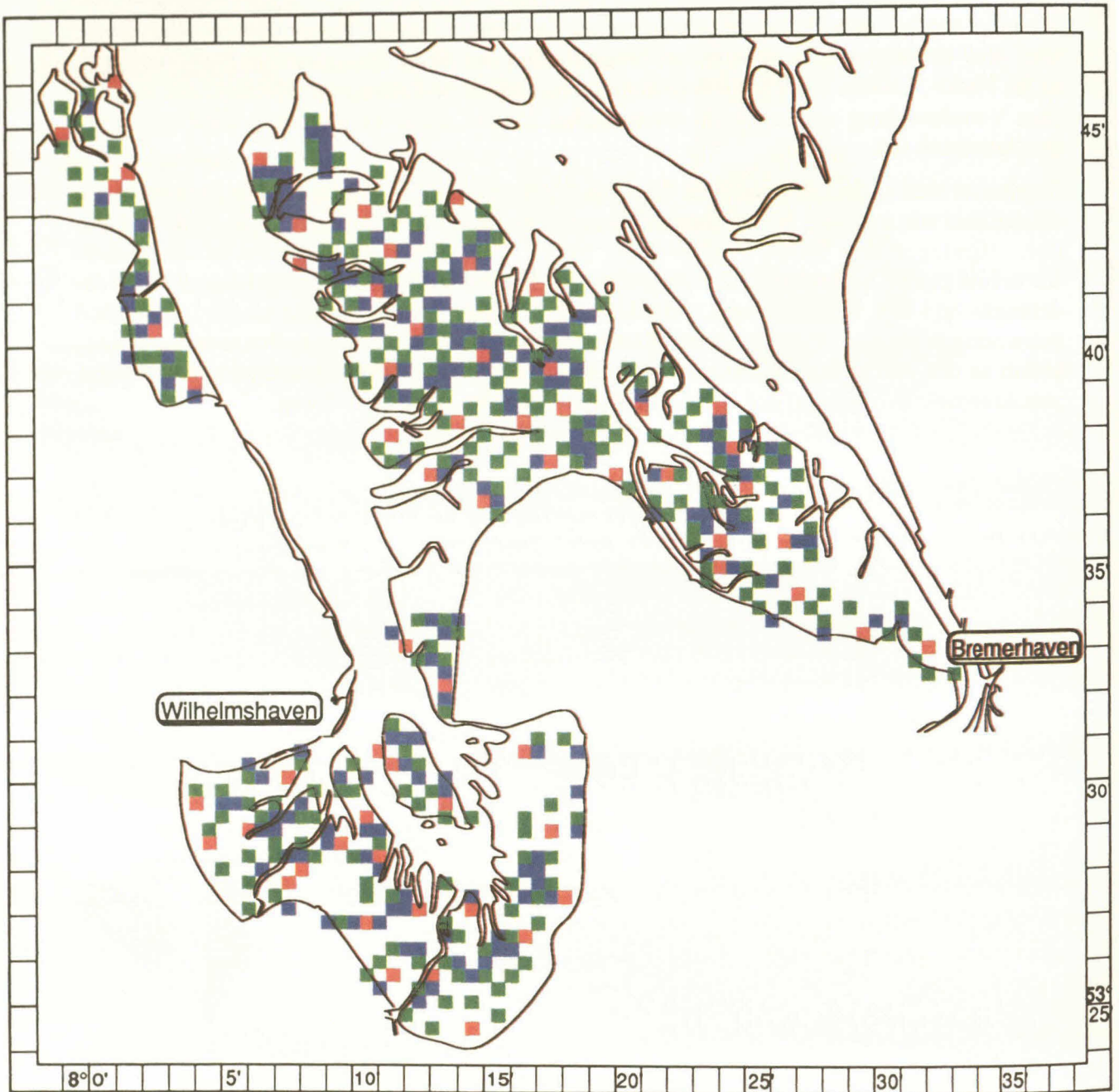


Abb. 7.2.1 Jadebusen/Hoher Weg  
Stationen der Kartierung

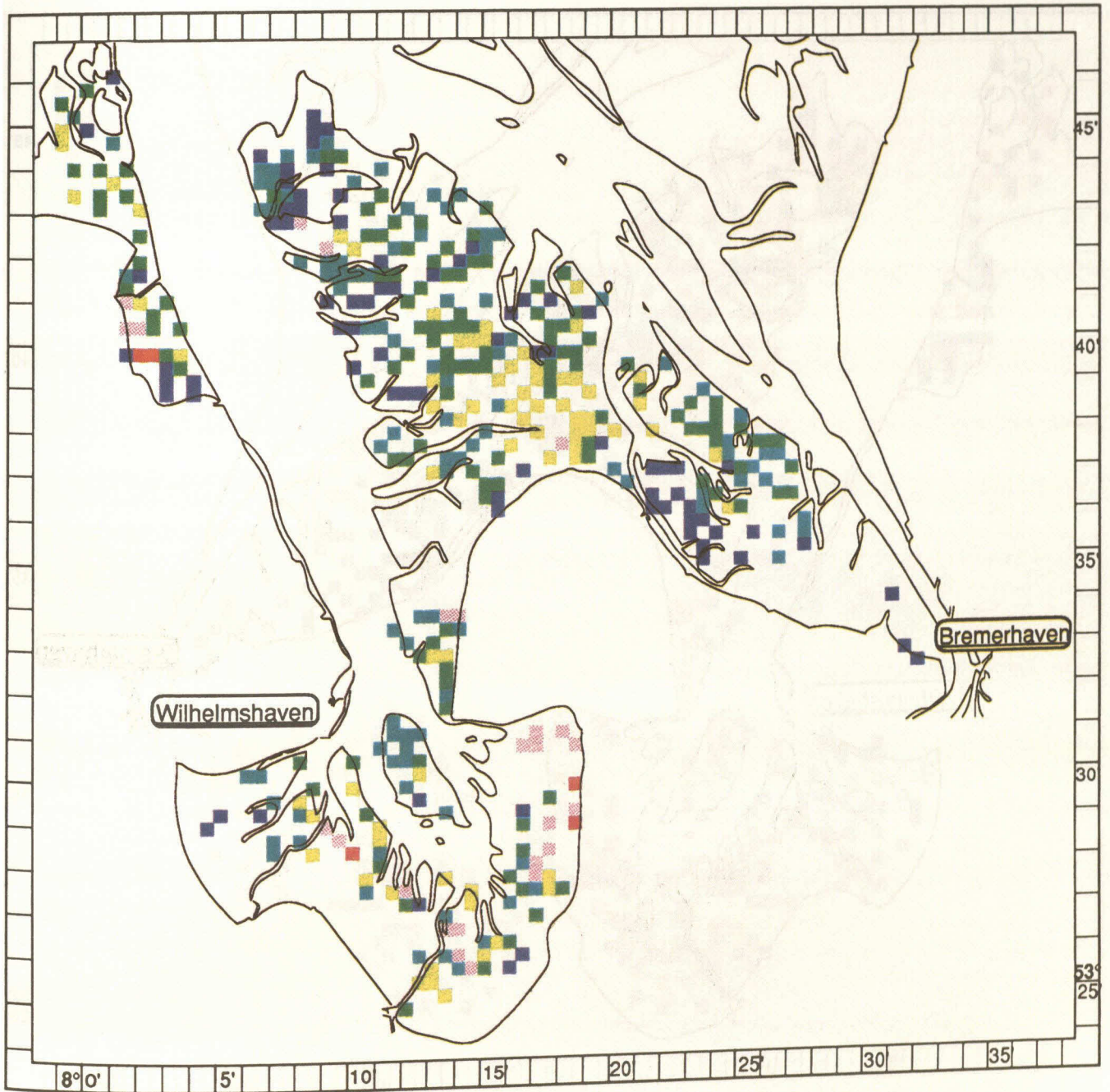


Abb. 7.2.2 Jadebusen/Hoher Weg  
Häufigkeit von *Arenicola marina*

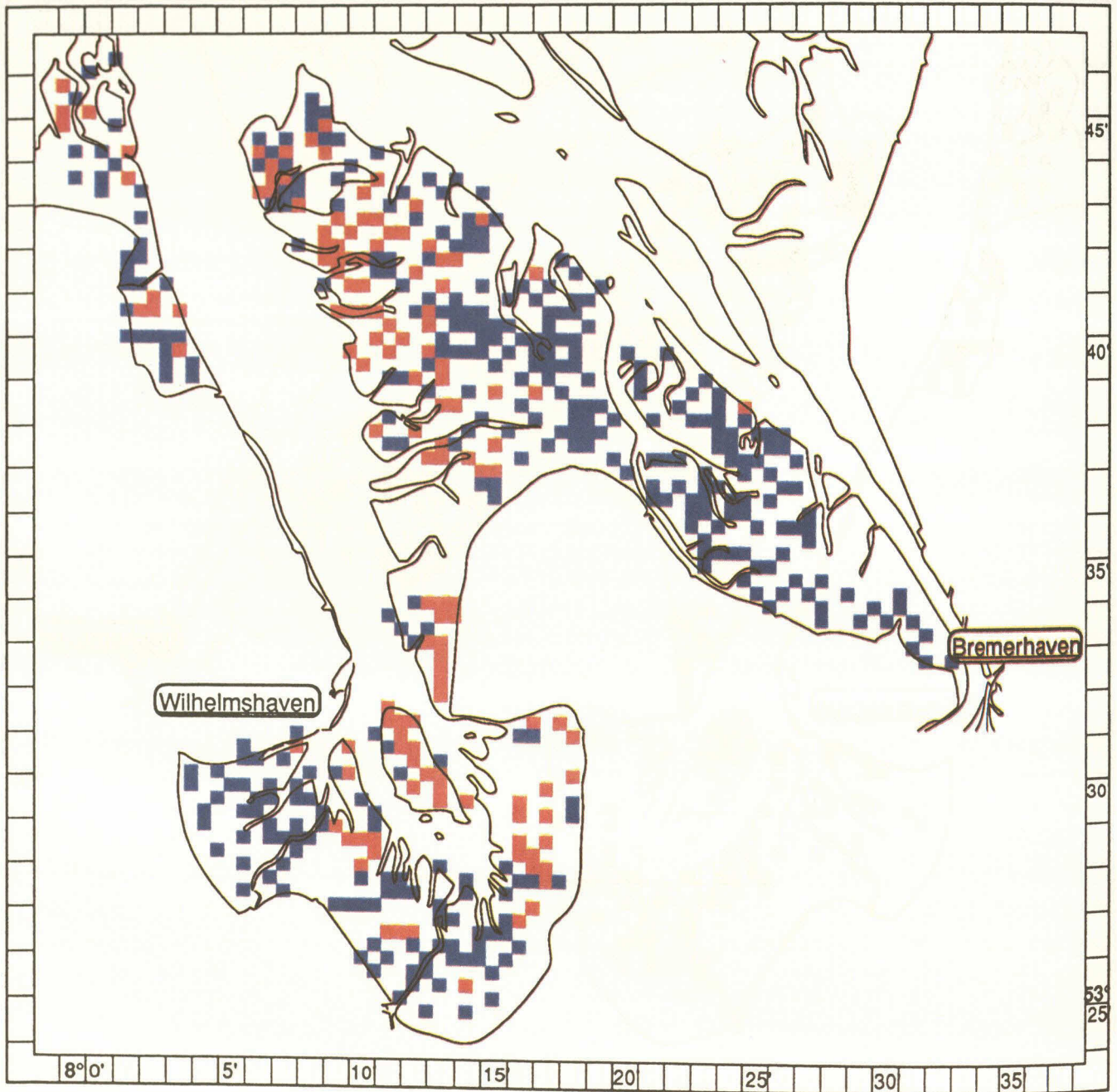


Abb. 7.2.3 Jadebusen/Hoher Weg  
Vorkommen von *Lanice conchilega*

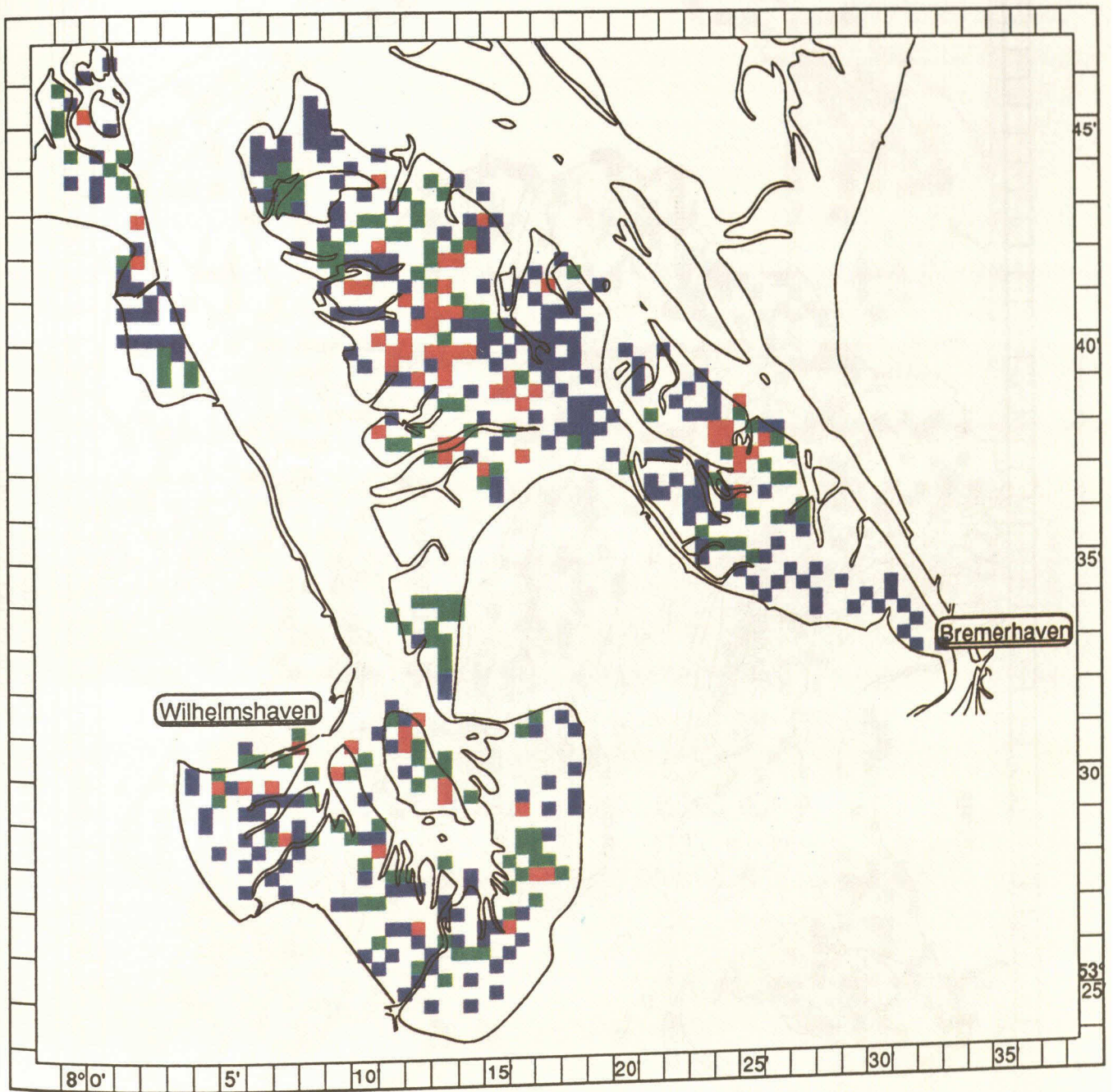


Abb. 7.2.4 Jadebusen/Hoher Weg  
Schilfbedeckung



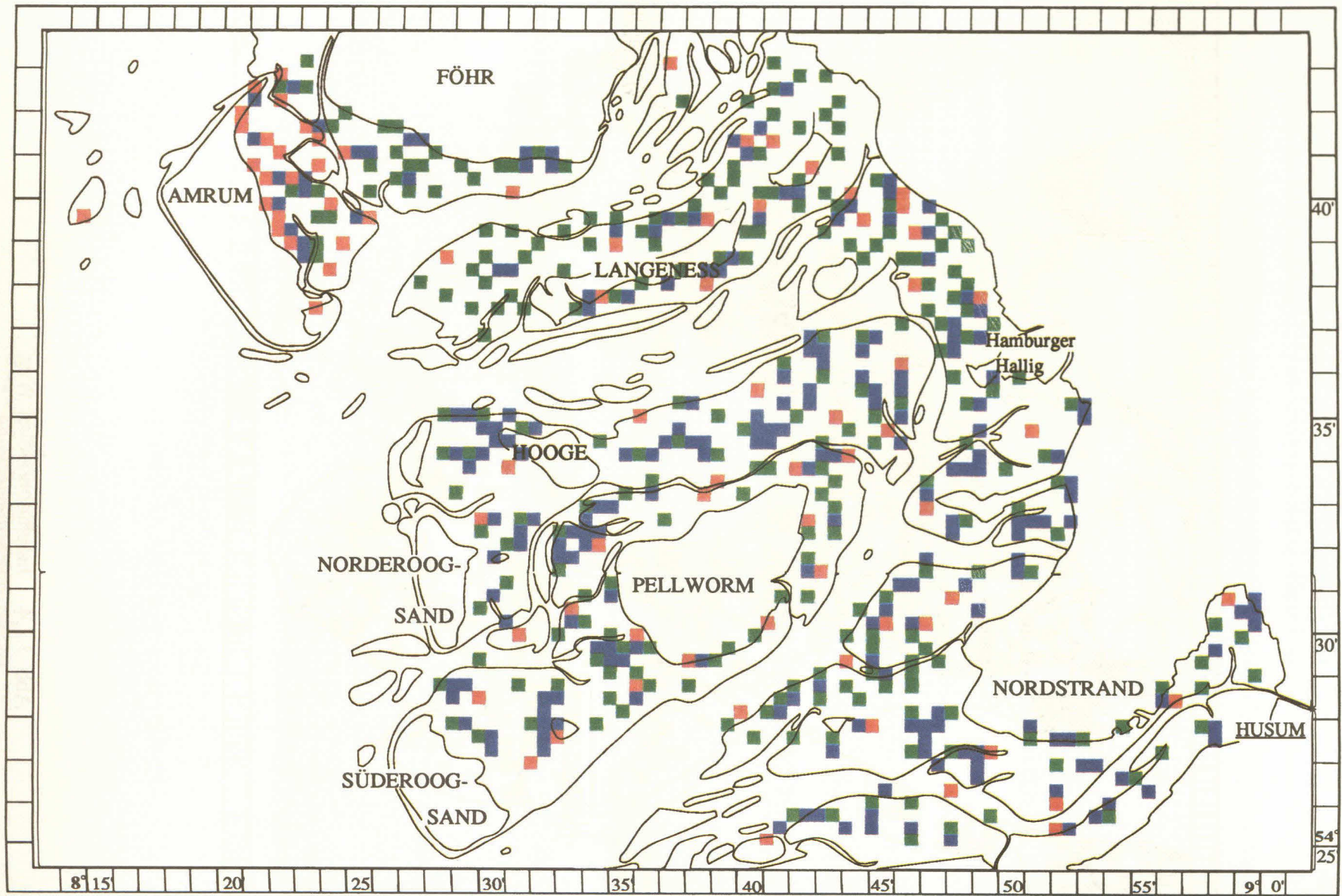


Abb. 7.2.5 Föhr bis Eiderstedt  
Stationen der Kartierung

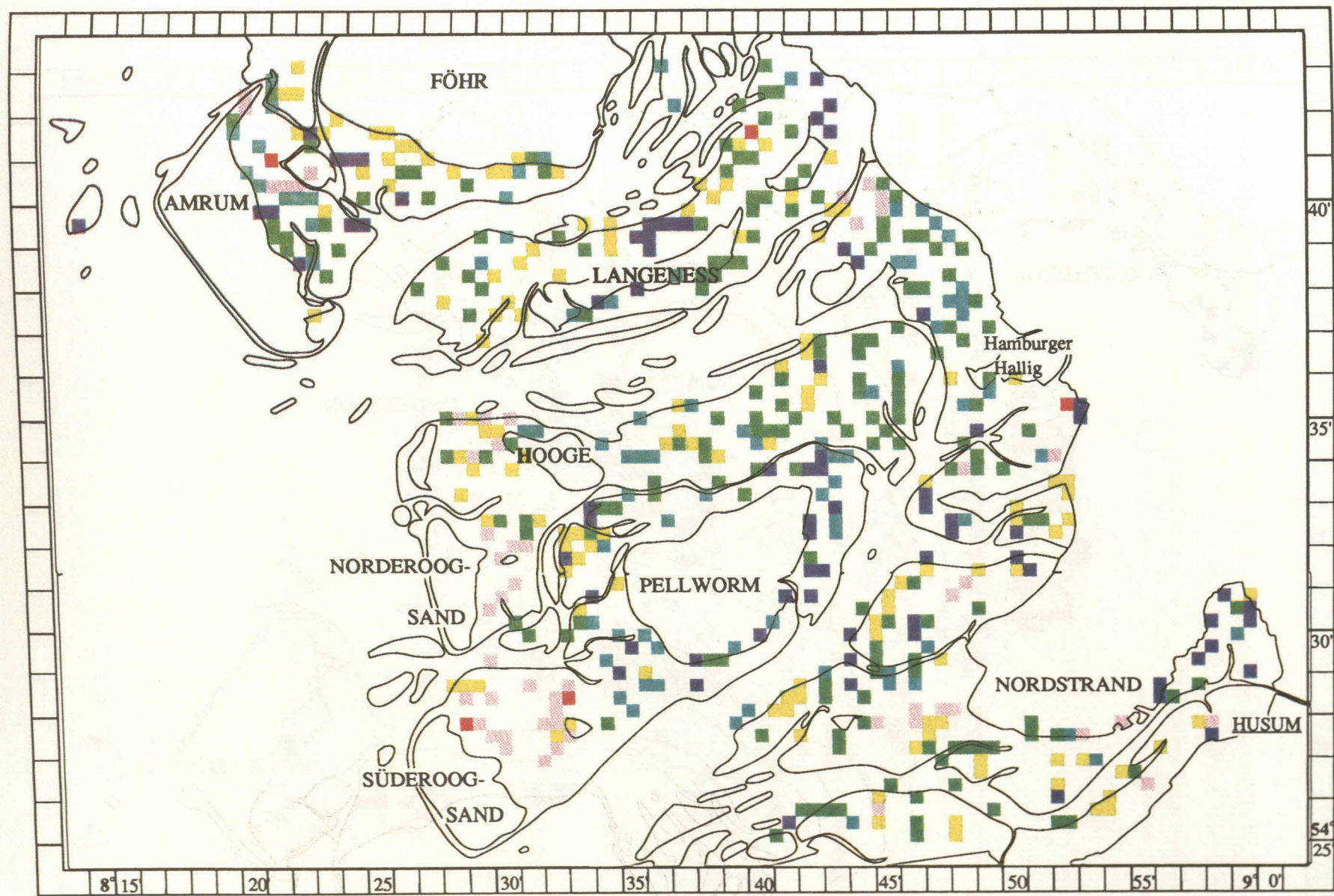


Abb. 7.2.6 Föhr bis Eiderstedt  
Häufigkeit von *Arenicola marina*

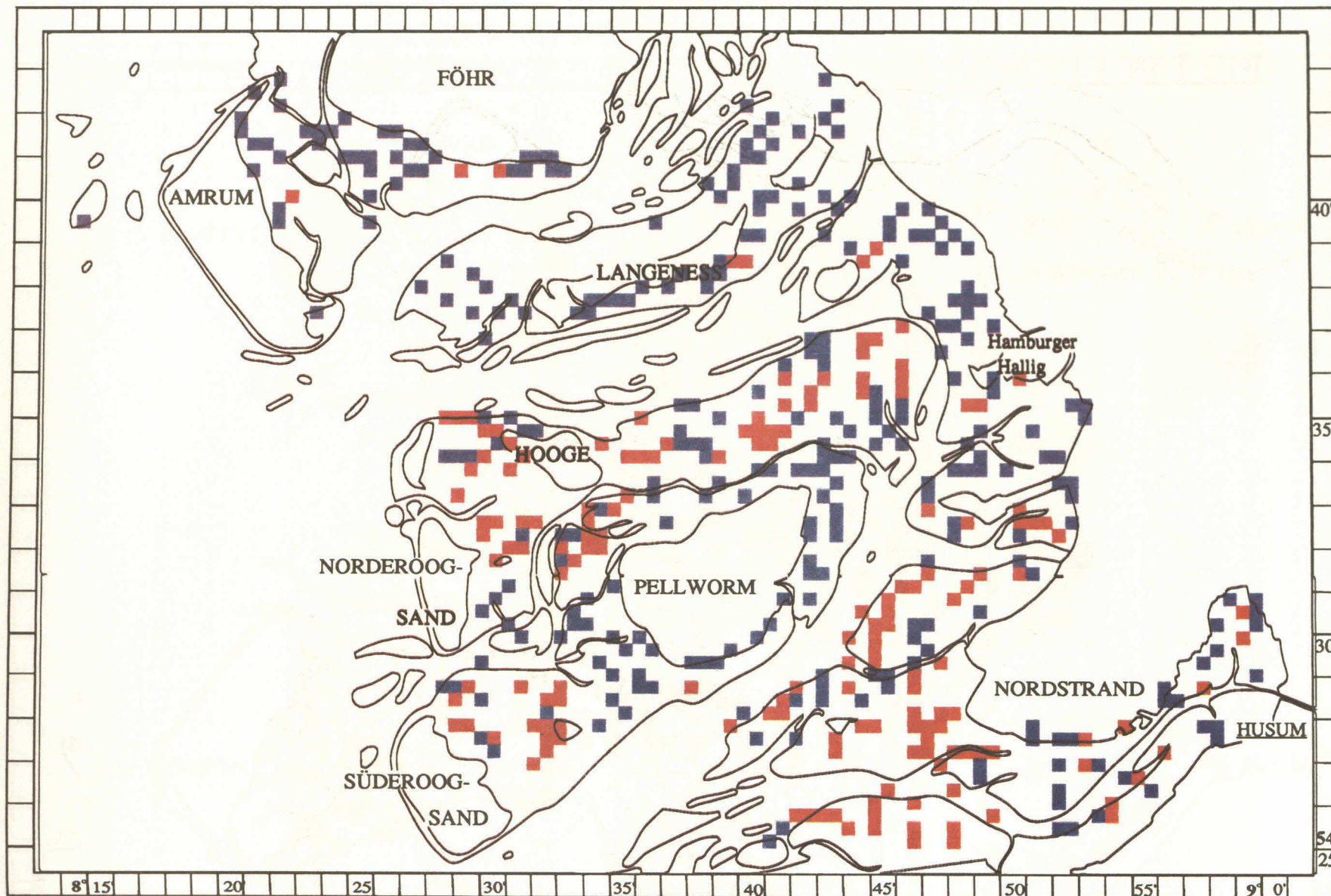


Abb. 7.2.7 Föhr bis Eiderstedt  
Vorkommen von *Lanice conchilega*

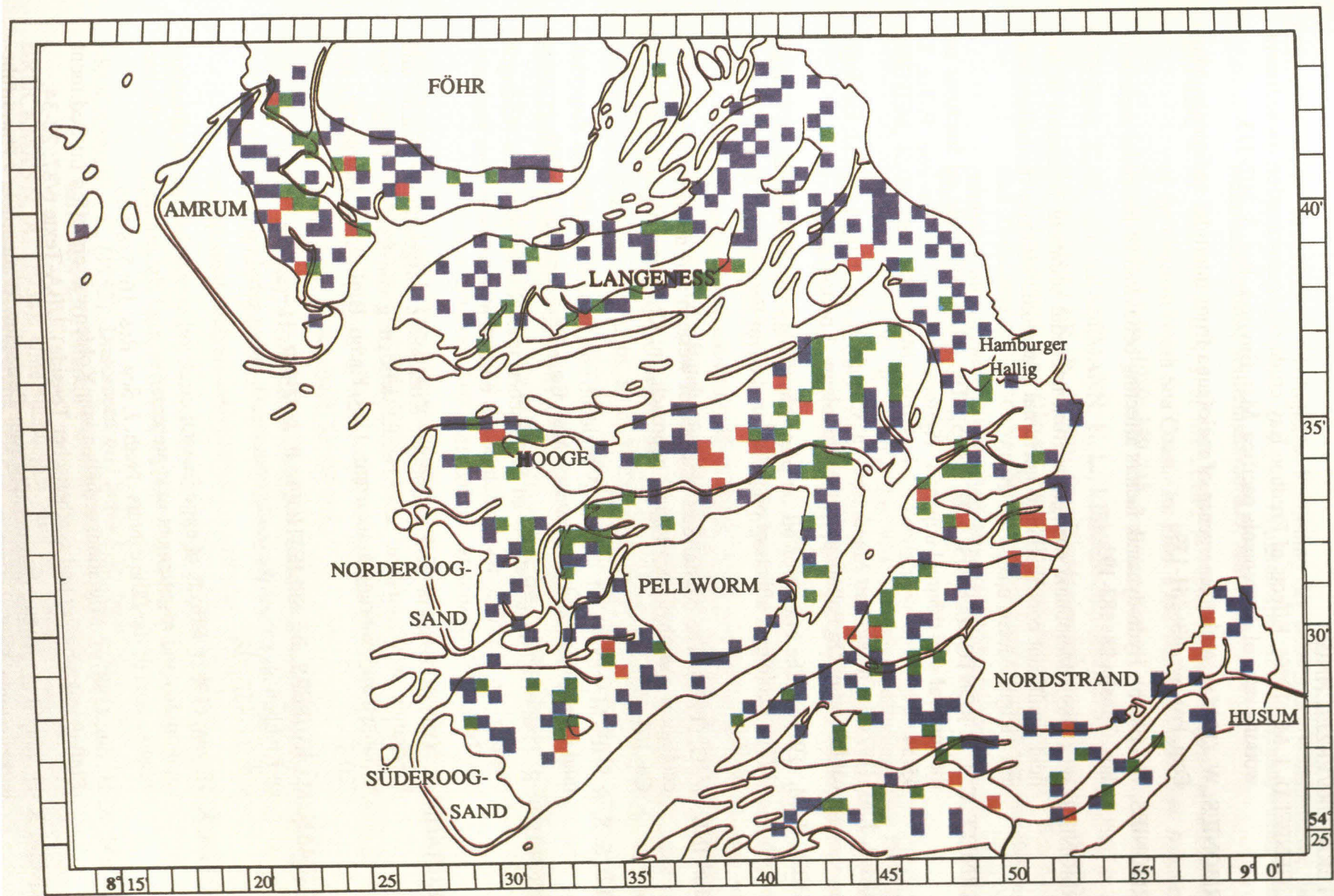


Abb. 7.2.8 Föhr bis Eiderstedt  
Schillbedeckung

## LITERATURVERZEICHNIS

- AUGENFELD, J. M. (1980): Effects of Prudhoe Bay crude oil contamination on sediment working rates of *Abarenicola pacifica*. *Mar. Environ. Res.* 3: 307-313.
- ARMONIES, W. (1988a): Active emergence of meiofauna from intertidal sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 43: 151-159.
- ARMONIES, W. (1988b): Hydrodynamik factors affecting behaviour of intertidal meiobenthos. *Ophelia* 28: 183-193.
- ARMONIES, W. (1989): Meiofauna emergence from intertidal sediment measured in the field significant contribution to nocturnal planctonic biomass in shallow waters. *Helgol. Meeresunters.* 43: 29-43.
- BARNETT, C. J. & KONTOGIANNIS, J. E. (1975): The effects of crude oil fractions on the survival of a tidepool copepod, *Tigriopus colifornicus*. *Environ. Pollut.* 8: 45-54.
- BAKER, J. M. (1971a): Oil and Salt Marsh Soil. In: Cowell, E. B. [Hrsg.] (1971): *Ecological Effects of Oil Pollution*. Inst. of Petroleum, London: 62-71.
- BAKER, J. M. (1971b): The effects of oil on plant physiology. In: Cowell, E. B. [Hrsg.] (1971): *Ecological effects of oil pollution*. Inst. of Petroleum. London: 88-101.
- BEEFTINK, W. G. (1977): The coastal Salt Marshes of western and northern Europe: An ecological and phytosociological approach. In: Chapman, V. J. [Hrsg.]: *The Co*: 109-155.
- BELL, S. S. & SHERMANN, K. M. (1980): A Field investigation of meiofauna dispersal: tidal resuspension and implications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 3: 245-249.
- BERGHAHN, R. (1983): Untersuchungen an Plattfischen und Nordseegarnelen (*Crangon crangon*) im Eulitoral des Wattenmeeres nach dem Übergang zum Bodenleben. *Helgol. Meeresunters.* 36: 163-181.
- BERGHAHN, R. (1984): Zeitliche und räumliche Koexistenz ausgewählter Fisch- und Krebsarten im Wattenmeer unter Berücksichtigung von Räuber - Beute - Beziehungen und Nahrungskonkurrenz. Diss. Fachb. Biol., Univ. Hamburg: 220 S.
- BERGMAN, M.; KUIPERS, B.; SPLIETHOFF, P. & VEER, H. van der (1976): Garnalen und Krabben als mögliche predatoren van 0- jarige schol op het balgzand. *Visserij* 29: 432-438.
- BERNEM, K.-H. van; (1982): Effects of experimental crude oil contamination on abundance, mortality and resettlement of representative mud flat organisms in the mesohaline area of the Elbe estuary. *Neth. J. Sea. Res.* 16: 538-546.
- BERNEM, K.-H. van; (1987a): Migrationsverhalten von Kohlenwasserstoffen im Sediment (Einfluß mikrobieller und synthetischer Tenside). *UBA-Texte 6/87*: 22-34.
- BERNEM, K.-H. van; et al. (1989): Sensitivitätsraster Deutsches Wattenmeer - Durchführbarkeitsstudie. Endber. UBA FuE-Vorhaben 102 03 204/02: 190 S.

- BERNEM, K.-H. van; (1989): Ökologische Kartierung des deutschen Wattenmeeres. In: Gütekriterien für Küstengewässer. Statusseminar des Niedersächsischen Umweltministeriums, Wilhelmshaven 8./9. Juni 1989.
- BERNEM, K.-H. van; DÖRJES, J. & MÜLLER, A. (1989): Environmental oil sensitivity of the German North Sea Coast.- In: Proc. 1989 Oil Spill Conf., San Antonio, Texas, Feb. 13-16, 1989: 239-245.
- BERNEM, K.-H. van; KRASEMANN, H. L.; LISKEN, A.; MÜLLER, A.; PATZIG, S. & RIETHMÜLLER, R. (1990): Das Wattenmeerinformationssystem WATiS. In: Umweltbundesamt [Hrsg.]: Ökosystemforschung Wattenmeer - Konzepte und Zwischenergebnisse des Ökosystemforschungsprogrammes des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und des Umweltbundesamtes. UBA-Texte 7/90, Berlin: 113-137.
- BERNEM, K.-H. van; KRASEMANN, H. L.; LISKEN, A.; MÜLLER, A.; PATZIG, S. & RIETHMÜLLER, R. (1991): Das Wattenmeerinformationssystem WATiS. In: Umweltbundesamt [Hrsg.]: Entscheidungshilfen für die Bekämpfung von Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen im deutschen See-, Küsten- und Hafensbereich. UBA-Texte 5/91, Berlin: 113-118.
- BERNDT, R.; HECKENROTH, H. & WINKEL, W. (1979): Kriterienvorschlag für "Feuchtgebiete nationaler Bedeutung", speziell als Rastplatz von Wasser- und Watvögel, in der Bundesrepublik Deutschland. Ber. Dtsch. Sekt. 19: 57-62.
- BEUKEMA, J. J. (1981): Quantitative data on the benthos of the wadden sea proper. In: Dankers, N.; Kühl, H. & Wolff, W. J. [Hrsg.]: Invertebrates of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam: 134-142.
- BOELTER, M & RAMM, G. (1981): Ölunfall "Paul Burmester" am 8. Oktober 1979 auf der Unterelbe vor Stadersand. Gutachten über die Reaktionen der Organismen auf den Öleintrag und die Ölverbreitung in und auf den Sedimenten des betroffenen Elbufers. Kiel: 161 S.
- BONSDORFF, E. (1981): The Antonio Gramsci oil spill impact on the littoral and benthic ecosystems. Mar. Pollut. Bull. 12: 301-305.
- BOUCHER, G. (1980): Impact of Amoco Cadiz oil spill on intertidal and sublittoral meiofauna. Mar. Pollut. Bull. 11: 95-101.
- BRAAK, C. J. F. ter (1987): CANOCO - A Fortran Program for canonical community ordination by [partial detrended canonical] correspondence analysis principal component analysis and redundancy analysis. Wageningen; ITI-TNO: 95 S.
- BREY, T. (1986): Formalin and Formaldehyde-Depot chemicals: Effects on dry weight and ash free dry weight of two marine bivalve species. Meeresforsch. 31: 52-57.
- BROCKMANN, C. (1935): Diatomeen und Schlick im Jadegebiet. Abh. Senckenberg. Naturf. Ges. 430, Frankfurt a.M: 64 S.
- BRÜCKMANN, A. (1934): Untersuchungen über die Naturgeschichte der Seezunge, die Seezungenbevölkerung und den Seezungenfang in der Nordsee. Ber. dt. wiss. Komm. Meeresforsch. 8 (2): 49-110.

- CABIOCH, L.; DAUVIN, J. C.; RETIERE, C.; RIVAIN, V. & ARCHAMBAULT, D. (1982): Evolution de peuplements benthiques des fonds sédimentaires de la région de Roscoff, perturbés par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. *Neth. J. Sea Res.* 16: 491-501.
- CHANDLER, G. T. & FLEEGER, J. W. (1983): Meiofaunal colonization of azoic estuarine sediment in Louisiana: Mechanisms of dispersal. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 69: 175-188.
- CHIPMANN, W. A. & GALTHOFF, P. S. (1949): Effects of oil mixed with carbonized sand on aquatic animals. *U. R. Fish. Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep.* 1: 52 S.
- COLIJN, F. & KOEMAN, R. (1974): Das Mikrophytobenthos der Watten, Strände und Riffe um den Hohen Knechtsand in der Wesermündung. *Forsch.-Stelle Insel- u. Küstenschutz XXVI, Norderney*: 53-83.
- COLIJN, F. & DIJKEMA, S. (1981): Species Composition of Benthic Diatoms and Distribution of Chlorophyll a on an Intertidal Flat in the Dutch Wadden Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 4: 9-21.
- COLIJN, F. (1983): Primary Production in the Ems - Dollard Estuary. *Groningen*: 123 S.
- CONAN, G. & FRIHA, M. (1979): Amoco Cadiz Oil Pollution Effects on the Growth of Sole and Plaice in the Aber Benoit Estuary. *Amoco Cadiz: Fates and Effects of the Oil Spill. Proceedings of the International Symposium. Centre Océanologique de Bretagne, Brest*: 19-22.
- DALLA VENEZIA, L. & FOSSATO, V. U. (1977): Characteristics of suspensions of Kuwait oil and Corexit 7664 and their short- and longterm effects on *Tisbe bulbisetosa* (Copepoda, Harpacticoida). *Mar. Biol.* 42: 233-237.
- DESAUNAY, Y. (1979): Evolution of the Flatfish Stocks in the zone polluted by the Amoco Cadiz: Flates and Effects of the Oil Spill. *Proceedings of the International Symposium. Centre Océanologique de Bretagne, Brest*.
- D'ÓZOUVILLE, L.; GRUNDLACH, E. G. & HAYES, M. O. (1978): Effects of coastal processes on the distribution and persistence of oil spilled by the Amoco Cadiz; *Publ., CNEXO Serie "Actes de Colloques"* 6: 69-96.
- DÖRJES, J. (1982): Experimentelle Untersuchungen zur Auswirkung von Ölundfällen vor der deutschen Küste auf das Ökosystem Wattenmeer. *Forschungsber. Wasserwirtschaft, Umweltforschungsplan d. Bundesministers des Inneren*: 178 S.
- DÖRJES, J. et al. (1984): Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung von Rohöl und Rohöl/ Tensid-Gemischen im Ökosystem Wattenmeer. *16 Senckenbergiana maritima* 16: 271 S.
- EHLERT, W. (1964): Zur Ökologie und Biologie der Ernährung einiger Limikolen - Arten. *J. Ornith.*: 105 S.
- EHRENDORFER, F. (1973): *Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Gustav Fischer Verlag (2. Aufl.); Stuttgart*: 318 S.

- ELLENBERG, H. (1956): Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde, 1. Teil; Bd. IV: Grundlagen der Vegetationsgliederung. In: H. Walter: Einführung in die Phytologie. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart: 136 S.
- ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. (4. Aufl.) Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart: 989 S.
- ELLENBERG, H.; WEBER, H. E.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica XVIII. Verlag Erich Goltze, Göttingen: 248 S.
- ELMGREN, R.; GRASSLE, J. E.; GRASSLE, J. P.; HEINERLE, D. R.; LANGLOIS, G.; VARGO, S. L. & VARGO, G. A. (1980): Trophic interactions in experimental marine ecosystems perturbed by oil. In: Microcosms in Ecological Research; Giesy, J. P. [Hrsg.]: DOE Symp. Ser. 52, Springfield.
- ELMGREN, R.; HANSSON, S.; LARSSON, U.; SUNDELIN, B. & BOEHM, P. D. (1983): The "Tsesis" oil spill: Acute and longterm impact on the benthos. Mar. Biol. 73: 51-65.
- ERCHINGER, H. F. (1987): Funktion und Bedeutung der Salzwiesen. In: Niedersächsisches Umweltministerium [Hrsg.]: Umweltvorsorge Nordsee. Hannover: 303-316.
- EVANS, G. W.; LYES, M. & COOKWOOD, D. (1977): Some effects of oil dispersants in the Feeding Behavior of the Brown Shrimp, Crangon crangon. Mar. Behav. Physiol. 4 (3): 171-182.
- FARKE, H. & HAUSMANN, K. (1971): Untersuchungen der Bodenmakrofauna als Nahrungspotential für Brut- und Gastvögel auf einer Wattfläche südlich Mellums. Jber. 1969, Forsch.-Stelle Insel- u. Küstenschutz, Norderney, Bd. 21.
- FARKE, H.; BLOHME, D.; THEOBALD, N. & WONNEBERGER, K. (1985): Field experiments with dispersed oil and a dispersant in an intertidal ecosystem: fate and biological effects. In: Proc. 1985 Oil Spill Conf. API, L.A.: 525-540 (515-520).
- FIGGE, K.; KÖSTER, R. et al. (1980): Schlickuntersuchungen im Wattenmeer der Deutschen Bucht. Zwischenber. Forschungsprojekt KFKI. Die Küste H. 33.
- FIRCCKE, A. H.; HENNING, F.-K. & ORREN, M. J. (1981): Relationship between oil pollution and psammolittoral meiofauna density of two South African beaches. Mar. Environ. Res. 5: 59-77.
- FRIHA, M. M. (1982): The Amoco Cadiz Oil Pollution Impact on the Plaice and Sole populations in the Aber Benoit Estuary. These 3. Cycle. Univ. de Bretagne, Brest (France).
- GARCKE, A. (1972): Illustrierte Flora Deutschland und angrenzende Gebiete; Weihe, K. von; 23. Aufl. [Hrsg.]: Verlag Paul Parey, Berlin u. Hamburg: 1607 S.
- GERLACH, S. A. (1978): Food - chain relationship in subtidal silty sand marine sediments and the role of meiofauna in stimulating bacterial productivity. Oecologia, Berlin 33: 55-69.



- GIERE, O. (1979): The impact of oil pollution on intertidal meiofauna. Field studies after the La Coruna-spill, May 1976. *Cah.Biol. Mar.*, 20: 231-251.
- GILFILLAN, E. S.; MAYO, D.; HANSON, S.; DONOVAN, D. & JIANG, L. C. (1976): Reduction in carbonflux in *Mya arenaria* caused by a spill of No. 6 fuel oil. *Mar. Biol.* 37: 115-123.
- GLAN, H. von; DAHMEN, R.; LEMM, R. von & WOLFF, D. (1989): Vegetationssystematische Untersuchungen und großmaßstäbliche Vegetationskartierungen in den Außengroden der niedersächsischen Nordseeküste. *Drosera '89*, 1/2; Oldenburg: 145-168.
- GLEMAREC, M. & HUSSENOT, E. (1982): A three-year ecological survey in Benoit and Wrack Abers following the Amoco Cadiz oil spill. *Neth. J. Sea Res.* 16: 483-490.
- GOLOMBEK, P. (1980): Beiträge zur Morphologie und Ökologie von Arten des *Puccinellietum maritimae* (Warming) Christiansen nach Rohöleinwirkung. Dipl. Fachb. Biologie, Univ. Hamburg: 96 S.
- GOLOMBEK, P. (1988): Über den Einfluß von Rohöl und Rohöl/ Tensid - Gemischen auf die Vegetation des *Puccinellietum maritimae* (Warming) Christiansen sowie Beiträge zu Wiederbegrünungsmaßnahmen ölkontaminierter Bestände. Diss. Fachb. Biol. Univ. Hamburg: 158 S.
- GOLOMBEK, P. & NEUGEBOERN, L. (1984): Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung von Rohöl und Rohöl/ Tensid-Gemischen im Ökosystem Wattenmeer. XV. Das *Puccinellietum maritimae* (Warming) Christiansen der Salzwiese. *Senckenbergiana Maritima* 16/1 (6): 245-266.
- GRANDT, E. & NEUGEBOERN, L. (1987): Sensitivitätskartierung Spiekeroog. Endber. Wasserwirtschaftsamt Stade: 44 S.
- GREIFF, H. & HARTWIG, E. (1985): Einfluß von Erdöl und Erdölprodukten auf bodenlebende Meereswürmer (Anneliden) . *Seevögel*, 6 (Sonderbd.): 81-88.
- GRIME, J. P.; HODGSON, J. G. & HUNT, R. (1988): *Comparative Plant Ecology*. London: Unwin Hyman: 742 S.
- GRISWOLD, C. A. (1981): The Barge Ocean 250 Gasoline Spill. In NOAA Tech. Rep. NOAA / NMFS, Seattle / USA: 35 S.
- GUNKEL, W. & GASSMANN, J. (1983): Longterm investigations on chemical and microbial changes of a slightly oil polluted beach. *Oil Spill Conf.*, San Antonio: 479-483.
- GUNKEL, W. (1988): Ölverunreinigung der Meere und Abbau der Kohlenwasserstoffe durch Microorganismen. In: Schweißfurth, R. et al. (1988): *Angewandte Mikrobiologie der Kohlenwasserstoffe in Industrie und Umwelt*; Expert Verlag, Ehningen: 18-36.
- HAESLY, W. W. (1982): Histopathology of *Pleuronectes platessa* (L.) from the Aber Wrack and Aber Benoit, Brittany, France. *J. Fish. Dis.* 5 (5): 365-391.

- HAGGE, H. & DIERSSEN, K. (1989): Kartierung der realen Vegetation der schleswig-holsteinischen Festlandsalzwiesen (im M 1: 5.000). Forschungsgutachten - Auftrag Landesamt. Nationalpark schleswig-holsteinisches Wattenmeer: 25 S.
- HARGRAVE, B. T. & NEWCOMBE, C. P. (1973): Crawling and respiration as indices of sublethal effects of oil and a dispersant on an intertidal snail *Littorina littorea*. J. Fish. Res. Bd. Can. 30: 179-189.
- HAUSPIE, R. & POLK, Ph. (1973): Swimming behaviour patterns in certain benthic harpacticoids (Copepoda). Crustaceana 25: 95-103.
- HAWKES, J. W. (1979): Animal Models and Wildlife as Monitors. In: Animals as Monitors of Environmental Pollutants. Abstract - ISBN 0 309-02871-x: 381-382.
- HEIBER, W. (1985): Plankton und Nekton einer großen Stromrinne im Wurster Watt. Verh. Ges. Ökol. 13: 29-36.
- HEIBER, W. (1985): Möglichkeiten der Wiederbesiedelung von Wattflächen nach Umweltkatastrophen. Seevögel 6 (Sonderbd.) Festschrift Vauk: 89-97.
- HEYDEMANN, B. (1981): Wattenmeer. Bedeutung - Gefährdung - Schutz. [Hrsg.]: Deutscher Naturschutzring Bundesverband Umweltschutz; Bonn: 49 S.
- HICKS, G. R. F. & COULL, B. C. (1983): The ecology of marine meiobenthic harpacticoid copepods. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 21: 67-175.
- HINZ, V. (1983): Fischereibiologische Untersuchungen in ausgesuchten Lahnungsfeldern des Nordfriesischen Wattenmeeres. Dipl. Arb., Univ. Hamburg: 115 S.
- HOBOHM, C. (1986): Die Salzwiesen von Sylt. Kieler Notizen zur Pflanzenkunde in Schleswig-Holstein und Hamburg, Jahrg. 18, 2: 57-100.
- HÖPNER, T. (1985): Untersuchungen mit dem Ziel des Vorschlags biologischer Maßnahmen bei Ölverschmutzungen der Wattoberfläche und des Deichvorlandes. Abschlußber. DFVLR Oldenburg, Vorhaben 01 ZV 131.
- HUSTEDT, F. (1939): Die Diatomeenflora des Küstengebietes der Nordsee vom Dollart bis zur Elbmündung. Die Diatomeenflora in den Sedimenten der unteren Ems sowie auf den Watten der Leybucht, des Memmert und bei der Insel Juist. Sonderabdruck aus Abh. Nat. Ver. Bremen, XXXL 3: 678 S.
- INSELSTATION DER VOGELWARTE HELGOLAND (1986): Erfassung der niedersächsischen und schleswig-holsteinischen Nordseeküste (einschließlich Helgoland) und der angrenzenden Wattgebiete in ihrer Bedeutung für brütende, rastende und mausernde Vögel und für Robben.- Endber. UBA, Forschungsvorh. Wasser 102 04 327: 258 S.
- JITTER-STRAHLENDORFF, M. & NEUGEBOHRN, L. (1984): Influence of Crude Oil and Dispersing Agents (Dispersants) on the Ecology and Physiology of Special Dike Plants. Ber. Europ. Gemeinschaft. 1984, Brüssel: 49 S.
- JITTER-STRAHLENDORFF, M. & NEUGEBOHRN, L. (1988): Untersuchungen zum Einfluß schwerer Verölungen des Deichvorlandes auf die Möglichkeit und Durchführbarkeit schneller Rekultivierungen von Pflanzenbeständen mittels unterschiedlicher Verfahren. BMFT-Ber. Förderkennz. 01ZV 85082: 105 S.

- JITTER-STRAHLENDORFF, M. & NEUGEBOHRN, L. (1989): Untersuchungen zum Einfluß schwerer Verölungen des Deichvorlandes auf die Möglichkeit und Durchführbarkeit schneller Rekultivierungen von Pflanzenbeständen mittels unterschiedlicher Verfahren. *Seevögel* 10 (3): 33-40.
- JITTER-STRAHLENDORFF, M. & NEUGEBOHRN, L. (1992): Untersuchungen zum Einfluß scharer Verölungen des Deichvorlandes auf die Möglichkeit und Durchführbarkeit schneller Rekultivierungen von Pflanzenbeständen mittels unterschiedlicher Verfahren. Teil II (Rekultivierungsversuche mittels Saatgut). In: *Inst. angewandte Bot., Univ. Hamburg [Hrsg.]: Jahresb. Beih. 3: Ufervegetation an der Elbe und Nordsee: 117-141.*
- JOHNSON, F. G. (1977): Sublethal biological effects of petroleum hydrocarbon exposures. bacteria, algae and invertebrates. In: *Effects of Petroleum on arctic and subarctic marine environments and organisms. Vol. II Biological effects, Malins D. C. [Hrsg.]: Academic Press, New York (London): 271-318.*
- KLAPP, E. (1971): *Wiesen und Weiden. (4. Aufl.) Paul Parey Verlag, Berlin u. Hamburg: 620 S.*
- KLAPP, E. (1983): *Taschenbuch der Gräser- Erkennung und Bestimmung, Standort und Vergesellschaftung, Bewertung und Verwendung (11. Aufl.). Paul Parey Verlag, Berlin u. Hamburg: 259 S.*
- KÖSTER, R. & RUNTE, K. H. (1992): Repräsentanz von Beprobungen im Wattenmeer aus sedimentologischer Sicht (Hydrographisch-sedimentologisch-geochemische Zeitreihenuntersuchungen in einem Wattgebiet nordwestlich von Büsum). *GKSS-Hochschulforsch.-Progr. 513 697, Endber.: 123 S.*
- KOOPMANN, C. & PRANGE, A. (1991): Multielement determination in sediments from the German Wadden Sea. Investigations on sample preparation techniques. In: *Spectrochimica Acta, Vol. 46B, 10; GKSS 91/E/56: 1395-1402.*
- KOOPMANN, C.; FALLER, J.; BERNEM, K. H. van; PRANGE, A. & MÜLLER, A. (1993): Schadstoffkartierung in Sedimenten des deutschen Wattenmeeres. Juni 1989 - Juni 1992. Abschlußber. UBA-FuE-Vorh. 109 03 377, GKSS-Ber.: 156 S.
- KOVALEVA, G. I. (1979): Effect of dissolved petroleum products on the liver carbohydrate metabolism in two Black Sea fish species. *Biol. Morya / Mar. Biol. 1: 66-71.*
- KRASEMANN, H. L.; LISKEN, A.; PATZIG, S.; RIETHMÜLLER, R.; SCHUMANN, T. & WILHELM, J. (1990): Die Koordinatenverwaltung im Wattenmeerinformationssystem. In: *Arbeitskreis Umweltdatenbanken - Beiträge zum zweiten und dritten AK-Treffen, Inform.-Ber. 5/90, Univ. Stuttgart: 34-48.*
- KRASEMANN, H. L.; MÜLLER, A.; PATZIG, S. & RIETHMÜLLER, R. (1991): Die projektorientierte Struktur des Wattenmeerinformationssystems WATiS. In: *Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette, Interne Mitteilungen aus dem Forschungsvorhaben, H. 5, Oktober 1991, Beiträge zum Workshop "Datenverarbeitung und Modellbildung": 19-25.*

- KRASEMANN, H. L.; MÜLLER, A.; PATZIG, S.; RIETHMÜLLER, R.; WAGLER, H. & WILLMANN, D. (1992a): Die konsistente Fortführung aller Daten im Wattenmeerinformationssystem WATiS. In : Günther, O.; Schulz, K.-P. & Seggelke, J. [Hrsg.]: *Umweltanwendungen geographischer Informationssysteme - FAW Ulm, Oktober 1992. Beiträge zum Workshop "UGIS 1992 Geoinformationssysteme im Umweltschutz"*, Verlag C. F. Müller GmbH, Karlsruhe (ISBN 3 87907 259 0): 127-133.
- KRASEMANN, H. L.; MÜLLER, A.; PATZIG, S.; RIETHMÜLLER, R. & WAGLER, H. (1992b): WATiS - Das Wattenmeerinformationssystem für Forschung und Verwaltung. In: *Präsentationsbroschüre Steuergruppe "Ökosystemforschung Wattenmeer - Schleswig- Holstein" im Nationalparkamt* [Hrsg.]: *Ökosystemforschung Wattenmeer*, Verlag Landesamt Nationalpark schleswig-holsteinisches Wattenmeer, Tönning: 56 - 58.
- KRASEMANN, H. L.; LEITHÄUSER, K.; PAGE, B.; PATZIG, S.; RIETHMÜLLER, R.; WAGLER, H.; & WILLMANN, D. (1993): Nutzerführungssysteme für das Wattenmeerinformationssystem WATiS. In: Günther, O.; Jaerschke, A. [Hrsg.]: *Informatik für den Umweltschutz - 7. Symposium, Ulm, 31. März bis 2. April 1993 - Proceedings. Informatik-aktuell*; Springer-Verlag, Berlin: 61-73.
- KÜHL, H. & KUIPERS, B. R. (1979): Qualitative food relationships of Wadden Sea fishes. In: *Fishes and fisheries of the Wadden Sea*. Dankers N.; Wolff, W. J. & Zijlstra, J. J.; Rep. Wadden Sea Working Group 5, [Hrsg.]; Balkema, Rotterdam: 112-123.
- KÜHNHOLD, W. W. (1975): Akute Toxizität von Rohölen auf Fischbrut und Aufnahme subletaler Konzentrationen von Rohölkohlenwasserstoffen in den Fischorganismus. *Forschungsber. Bundesmin. Forsch. Technol., BMFT, FB M: 75-07*.
- KÜHNHOLD, W. W. (1977): The effect of mineral oils on the development of eggs and larvae of marine species. *Rapp. Réun. Cons. int. Explor. Mar.* 171: 175-183.
- KUIPERS, B. (1973): On the tidal migration of young plaice (*Pleuronectes platessa*) in the Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 6 (3): 376-388.
- KUIPERS, B. (1975): On the efficiency of a two-meter beam trawl for juvenile plaice (*Pleuronectes platessa*). *Neth. J. Sea Res.* 9: 69-85.
- KUIPERS, B. R. & DAPPER, R. (1981): Production of Crangon crangon in the tidal zone of the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 15: 33-53.
- KUIPERS, B. R.; WILDE, P. A. W. J. de & CREUTZBERG, F. (1981): Energy flow in a tidal flat ecosystem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 5: 215-221.
- KRAMER, J. (1971): Deichbau in Abhängigkeit von Sturmfluten und Wellenwirkung an der Nordsee. *Die Küste* 21: 29-101.
- LANGER, TH. (1993): Rechnergestütztes Maritimes Unfallmanagement-System (REMUS). In: Jaeschke, A.; Kämpe, T.; Page, B. & Rademacher, F. J. [Hrsg.]: *Informatik für den Umweltschutz. 7. Symp., Ulm, 31. 03. - 02. 04. 1993*, Springer-Verlag: 41-52.

- LAFRENZ, (1957): Über die Pflege und Nutzung des Anwachsens und der Deiche an der Dithmarscher Küste. *Die Küste* 6: 94-129.
- LEITHÄUSER, K. (1992): Entwicklung eines Nutzerführungssystems für das Wattenmeer-informationssystem WATiS. Dipl. Arb. Fachb. Informatik, Univ. Hamburg, Juli: 1992.
- LEITHÄUSER K.; KRASEMANN, H. L.; PATZIG, S.; RIETHMÜLLER, R. & WAGLER, H. (1992): LOTSE - das Nutzerführungssystem der Wattenmeerdatenbank im WATiS. In: Arbeitskreis Umweltdatenbanken- Beiträge zum 6. AK-Treffen, Arbeitsber. Nr. 112, Sept. 1992, ISSN 0176-7275, Univ. Lüneburg: 26-31.
- LE MORAL, Y. (1980): Ecological survey of an intertidal settlement living on a soft substrata in the Aber Benoit and Aber Wrack estuaries, after the Amoco Cadiz oil spill. Univ. de Bretagne, Brest: 25 S.
- LEVELL, D. (1976): The effect of Kuwait crude oil and dispersant PB 1100X on the lugworm *Arenicola Marina* (L) 9.- In: Baker J. M. [Hrsg.], *Marina ecology and oil pollution*. Appl. Science Publ., Barking Essex (G.B.): 131-158.
- LINDEN, O.; R. ELMGREN & BOEHM, P. (1979): The Tsesis oil spill: its impact on the coastal ecosystem of the Baltic Sea. *Ambio* 8: 244-253.
- LINKE, O. (1939): Die Biota des Jadebusenwattes. *Helgol. Meeresunters.* 1: 201-348.
- LUCK, G. & MICHAELIS, H. (1976): Chemische und biologische Bestandsaufnahmen als Grundlagen zur Beurteilung von Umweltveränderungen im niedersächsischen Küstengebiet. *N. Arch. F. Nds.* 25 (3): 241-250.
- MALINS, D. C. et al. (1978): Sublethal effects of petroleum hydrocarbons and trace metals including biotransformations by morphological, physiological, pathological and behavioral indices. In: NOAA Tech. Memo; NOAA / ERL. Boulder, Col. USA.
- MALINS, D. C. et al. (1979): Environmental assessment of the Alaskan continent shelf. In: Annual Reports of Prinzipal Investigators for the Year ending March 1979, 6, NOAA / ERL. Boulder, Col. USA.
- MALINS, D. C. et al. (1980): Environmental assessment of the Alaskan continent shelf. In: Annual Reports of Prinzipal Investigators for the Year ending March 1980, 3, Office Marine Pollution Assessment, Boulder Col. USA.
- MASMANIDI, N. D. (1981): Effect of some oil dispersants on the embryonic development of the Black Sea Flounder (*Platichthys flesus luscus*). In: *Vorpr. Ichthyol.*, 21 (4): 755-758.
- MEYER, W. (1949): 102 Bildleisten zum Bestimmen der 1221 Wildpflanzen von Nordwest-Deutschland. Oldenburger Verlagshaus. Oldenburg (Oldb.): 77 S.
- MEYER, M. & MICHAELIS, H. (1980): Das Makrobenthos des westlichen "Hohen Weges". *Jahresb. 1979, Forsch.-Stelle Insel- u. Küstenschutz.* 31, Norderney: 91-155.

- Mc CAIN, et al. (1978): Bioavailability of crude oil from experimentally oiled sediments to English sole (*Parophrys vetulu*) and patalogical consequences. J. Fish. Res. Board Can. 35 (5) : 657-664.
- MICHAELIS H. (1969): Makrofauna und Vegetation der Knechtsandwatten.- Jber. 1967 Forsch. Stelle Küste 19, Norderney: 147-175.
- MICHAELIS H. (1987): Bestandaufnahme des eulitoralen Makrobenthos im Jadebusen in Verbindung mit einer Luftbild- Analyse. Jahresb. 1986, Forsch.-Stelle Küste 38, Norderney: 13-97.
- MIOSSEC, L. (1981a): Amoco Cadiz Oil Pollution-Effects on Morphology and Reproduction of plaice (*Pleuronectes platessa*) in the Aber Wrack and Aber Benoit Estuaries. In: Fates and Effects of the Oil Spill. Proceedings of the International Symposium 970): Synopsis of biological data on the common shrimp *Crangon crangon* (L.). FAO Fish. Rep. Ser. 7 (4): 1176-1224.
- MIOSSEC, L. (1981b): The Amoco Cadiz Oil Pollution Impact on Flatfish Biology in the Aber Wrack and Aber Benoit Estuaries. Univ. de Bretagne Occid., Brest, 3..
- MÜLLER, C. D. (1958): Biologische-sedimentologische Untersuchung des Capper Wattes. Jahresb. 1957, Forsch. Stelle Küste 9: 117-130.
- MÜLLER, C. D. (1962): Biologische und sedimentologische Untersuchung der Wattveränderung 1955-1961 bei Wremen; Jahresb. 1961. Forsch. Stelle Küste 13, Norderney: 123-150.
- NATIONALPARKVERWALTUNG "NIEDERSÄCHSISCHES WATTENMEER" (1988): Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer, Wilhelmshaven: 52 S.
- NECKERMANN, K. (1987): Die Salzwiesen Amrums. Kieler Notizen zur Pflanzenkunde in Schleswig - Holstein und Hamburg, Jahrg. 19 (4): 110-133.
- NEUGEBOHRN, L. (1984): Schlüssel zur Bestimmung der wichtigsten Süßgräser des nordwestdeutschen Flachlandes nach vegetativen Merkmalen. Jahresb. Institut für Angewandte Botanik, 97. bis 101. Jahrg. Hamburg: 343-370.
- NEUGEBOHRN, L. (1987): Pflanzenbestände im marin-terrestrischen Übergangsbereich (Einteilung der Arten und Gesellschaften des Deichvorlandes in Sensitivitätsklassen). In: Niedersächsisches Wasserwirtschaftsamt Stade [Hrsg.]: Sensitivitätskartierung Wurster Watt, Stand 1987.
- NEUGEBOHRN, L.; GOLOMBEK, P. & JITTER-STRAHLENDORFF, M. (1987a): Auswirkungen von Rohöl und Tensidgemischen auf die Salzwiesen und Röhrichte. In: Arbeitskreis "Chemische Verfahren zur Bekämpfung von Meeresverschmutzungen" [Hrsg.] (1987): Chemische Verfahren zur Bekämpfung der Deutschen Küste und der See durch Öl-Bewertungsgrundlagen und Maßnahmen: 348-360.
- NEUGEBOHRN, L.; GOLOMBEK, P.; JITTER-STRAHLENDORFF, M. & OFFEN, S. C. (1987b): Öleinwirkung auf Pflanzengemeinschaften. In: Meereskundliche Untersuchungen von Ölunfällen. UBA-Texte 6/87: 82-108.

- OBERT, B. (1982): Bodenfauna der Watten und Strände um Borkum - Emsmündung. Jahresb. 1981 Forsch. Stelle Küste 33: 139-162.
- OFFEN, S. C. (1985): Beiträge zur Kenntnis der Sensitivität von Außendeichvegetationen und -arten gegenüber anthropogenen Faktoren. Dipl. Fachb. Biol., Univ. Hamburg: 141 S.
- OHDE, J. (1981): Entstehung von Besiedlungsmustern der Makro-Endfauna im Wattenmeer der Elbe-Mündung. Diss., Univ. Hamburg: 445 S.
- PALMER, M. A. & BRANDT, R. R. (1981): Tidal variation in sediment densities of marine benthic copepods. Mar. Ecol. Prog. Ser. 4: 207-212.
- PATZIG, S.; KRASEMANN, H. J.; LISKEN, A.; RIETHMÜLLER, R. (1992): The Wadden Sea Information System WATiS. In: Dankers, N.; Smit, C. J. & Scholl, M.; [Hrsg.]: Proceedings of the 7th International Wadden Sea Symposium. Ameland - Present and Future Conservation of the Wadden Sea. The Netherlands, 22-26 October 1990. Neth. Inst. Sea. Res. 20: 273-274.
- PEDERSEN, A. (1983): The vegetation of the wadden sea islands in Denmark and Schleswig-Holstein. In: Dijkema, K. S. & Wolff, W. J. [Hrsg.]: Rep. 9 - Flora and vegetation of the wadden sea islands and coastal areas: 137-165.
- PERCY, J. A. (1982): The effects of oil hydrocarbons and dispersants on benthic and intertidal organisms. In: Sprague, J. J.; Vandermeulen, J. H. & Wells, P.G. [Hrsg.]: Oil and dispersants in canadian seas - Research appraisal and recommendations; Environm. Prot. Service 3-EC-82-2, Ottawa: 87-104.
- PREISINGER, H. (1985): Die aktuelle Vegetation der Tideröhricht- und Auenwaldstandorte im Hamburger Hafen- und Hafenrandgebiet; Verh. Ges. Ökol. 13, Bremen 1983: 139-149
- PROUSE, N. J. & GORDON, D. C. (1976): Interactions between the deposit feeding polychaet *Arenicola marina* and oiled sediment. In: Sources, effects and sinks of hydrocarbons in the aquatic environment. Am. Inst. Biol. Sci., Washington D. C: 408-422.
- RAABE, W. (1981): Über das Vorland der östlichen Nordseeküste. Mitteil. Arbeitsgem. Geobot. Schleswig-Holstein u. Hamburg 31: 118 S.
- RAGUTZKI, G. (1982): Verteilung der Oberflächensedimente auf den niedersächsischen Watten. Jahresb. 1980. Forsch. Stelle Küste 32.
- RAGUTZKI, G. (1986): Ermittlung von Sedimenteigenschaften in ausgewählten Wattgebieten Osterems zwischen Campen und Greetsiel. Unveröffentlichter Ber..
- RAT VON SACHVESTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN (1980): Umweltprobleme der Nordsee-Sondergutachten. Verlag W. Kohlhammer; Stuttgart, Mainz: 503 S.
- RAT VON SACHVESTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN (1990): Allgemeine ökologische Umweltbeobachtung - Sondergutachten, Bundestagsdrucks. 11/8123, Bonn 1990: 69 S.

- REINECKE, H.- E. (1970): Das Watt - Ablagerungs-, Lebensraum. Kramer, Frankfurt a. M.:142 S.
- RIETHMÜLLER, R.; LISKEN, A.; BERNEM, K.-H. van; KRASEMANN, H. L.; MÜLLER, A. & PATZIG, S. (1990): WATiS: An Information System for Wadden Sea Research and Management. In: Pillmann, W. & Jaescke, A. [Hrsg.]: Informatik für den Umweltschutz - 5. Symposium, Wien, Österreich. 19. - 21. Sept. 1990 - Proceedings. Inform.-Fachber. 256; Springer-Verlag, Berlin - ISBN 3 540 53171 8: 73-81.
- RIETHMÜLLER, R.; KRASEMANN, H. L.; PATZIG, S. & WAGLER, H. (1992): Der Aufbau der Wattenmeerdatenbank WADABA. In: Arbeitskreis Umweltdatenbanken - Beitr. 7. AK-Treffen; Arbeitsber. 112 - ISSN 0176-7275, Univ. Lüneburg: 34-41.
- ROTHMALER, W. (1987): Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD. In: Schubert, R.; Werner, K. & Meusel, H. [Hrsg.]: Bd. 2: Gefäßpflanzen. (13. Aufl.); Verlag Volk und Wissen, Berlin: 640 S.
- ROTHMALER, W. (1991): Exkursionsflora von Deutschland. In: Schubert, R. & Werner, K. [Hrsg.]: Bd. 3: Atlas der Gefäßpflanzen (8. Aufl.). Verlag Volk und Wissen, Berlin: 752 S.
- RÜTZLER, K. & STERRER, E. (1970): Oil pollution damage observed in tropical communities along the Atlantic sea-board of Panama. *Biosci.* 20: 222-224.
- RUNGE, F. (1983): Sukzessionsstudien an einigen Pflanzengesellschaften Wangerooes II. *Oldenburger Jahrb.* 83: 377-383.
- RUNGE, F. (1990): Die Pflanzengesellschaften Mitteleuropas (10./11. Aufl.). Aschendorff Verlag, Münster: 309 S.
- SACH, G. (1984): Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung von Rohöl und Rohöl/Tensid-Gemischen im Ökosystem Wattenmeer. IX. Copepoda (Harpacticoidea). *Senckenbergiana maritima* 16: 171-195.
- SCHELLBERG, G. (1984): Untersuchungen der Auswirkung eines Ölunfalls in der Unterelbe auf das Ökosystem. UBA Forsch.-Vorh. Wasser 10204209, Stade.
- SCHERFOSE, V. (1989): Salzmarsch-Pflanzengesellschaften der Leybucht- Einflüsse der Rinderbeweidung und Überflutungshäufigkeit. *Drosera* 1 (2), Oldenburg: 105-112.
- SCHWABE, A. (1975): Dauerquadrat-Beobachtungen in den Salzwiesen der Nordseeinsel Trischen. *Mitt. Flor.- Soz. Arbeitsgem. N. F.* 18, Göttingen: 111-128.
- SHERMAN, K. M. & COULL, B. C. (1980): The response of meiofauna to sediment disturbance. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 46: 59-71.
- SIEBERT, J. R. (1981): Intertidal hyperbenthic populations in the Nanaimo estuary. *Mar. Biol.* 64: 259-265.
- SPOONER, M. F. & CORKETT, C. J. (1979): Effect of Kuwait oils on feeding rates of copepods. *Mar. Pollut. Bull.* 10: 197-202.



- STREIF, H. (1990): Das Ostfriesische Küstengebiet - Nordsee, Inseln, Watten und Marschen. Samml. Geol. Führer 57 (2. Aufl.). Gebrüder Bornträger, Stuttgart: 162 S.
- STRESEMANN, E. (1983): Exkursionsfauna für die Gebiete der DDR und der BRD. Verlag Volk und Wissen, Berlin: 494 S.
- SUCHROW, S. & NEUGEBOHRN, L. (1992): Sensitivitätskartierung der Salzwiesen als Teilprojekt der Sensitivitätskartierung des gesamten deutschen Wattenmeeres; Abschlußb. Themenb. i. A. GKSS; Hamburg: 169 S.
- TAUX, K. (1984): Brutvogelbestände an der Deutschen Nordseeküste im Jahre 1982 - Versuch einer Erfassung - Arbeitsgemeinschaft "Seevogelschutz"; Seevögel 5 (Sonderb.): 27-37.
- TAUX, K. (1986): Brutvogelbestände an der Deutschen Nordseeküste im Jahre 1984; Zweite Erfassung - Arbeitsgemeinschaft "Seevogelschutz"; Seevögel 7 (Sonderb. 2): 21-31.
- TEAL, J. M. & HOWARTH, R. W. (1984): Oil Spill studies: A review of ecological effects. Environm. Managment 8 (1): 27-44.
- TERN (1992): Reaktionen terrestrischer Ökosysteme auf Klima- und Landnutzungsänderungen; Antrag des Netzwerkes der deutschen Ökosystemforschungszentren (TERN) für ein GCTE-CORE Research-Project, 1992.
- THISTLE, D. (1980): The response of a harpacticoid copepod community to a small-scale natural disturbance. J. Mar. Res. 38: 381-395.
- TIEWS, K. (1970): Synopsis of biological data on the common shrimp *Crangon crangon* (L.). FAO Fish. Rep. Ser. 7 (4): 1176-1224.
- TÜXEN, R. (1957): Die Pflanzengesellschaften des Außendeichlandes von Neuwerk. Mitt. Flor.- Soz. Arbeitsgem. N. F. 6/7: 205-234.
- TÜXEN, R. & ELLENBERG, H. (1937): Der systematische und ökologische Gruppenwert: Mitt. Flor.-Soz. Arbeitsgem. Niedersachsen 3: 171-184.
- UHLIG, G.; H. THIEL & GRAY, J. S. (1973): The quantitative separation of meiofauna; Helgol. Meeresunters. 25: 173-195.
- UMWELTBUNDESAMT (1992a): UBA FuE-Vorhaben 108 02 896/02: Monitoring-Konzept für das gesamte (deutsch-dänisch-niederländische) Wattenmeer.
- UMWELTBUNDESAMT (1992b): UBA FuE-Vorhaben 101 04 040/04: Konzeption für eine ökosystemare Umweltbeobachtung - Pilotprojekt Biosphärenreservate.
- WASSERWIRTSCHAFTSAMT BRAKE (1981): Einsatzprüfung von Baugeräten im Deichvorland und im Watt.-Ergebnisse der Bodenuntersuchungen. Unver. Ber..
- WESTHOFF, V. (1987): Salt Marsh communities of three West Frisian islands, with some notes on their long-term succession during half a century. In: Huiskes, A. H. L.; Blom, C. W. P. M. & Rozema, J. [Hrsg.]: Vegetation between land and sea. (Publishers: Dordrecht, Bosten, Lancaster): 16-40.

- WHIPPLE, J. A. (1978): Effects of chronic concentrations of petroleum hydrocarbons on gonadal maturation in starry flounder (*Platichthys stellatus*). In: The Proceedings of the Conference on Assessment of Ecological Impacts of oil Spills held in Keystone, June. Am. Inst. Biolo. Scienc. Colorado, USA: 757-806.
- WILLMANN, D. (1991): Rasterung komplexer topologischer Strukturen für das Wattenmeerinformationssystem WATiS. Studienarb. Fachb. Inform. Univ. Hamburg, Nov. 1991.
- WILLMANN, D. (1991): Grafisch orientierte Abfragen bei verteilter Datenhaltung für das Wattenmeerinformationssystem WATiS. Dipl. Fachb. Inform., Univ. Hamburg.
- WINTER, V. (1991): Überlagerung von Vektorbildern mittels Rasterung; Studienarb. Fachb. Inform., Univ. Hamburg, April 1993.
- WOHLENBERG, E. (1937): Die Wattenmeerlebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt. Helgol. Meeresunters.: 1-92.
- WOHLENBERG, E. (1969): Landgewinnung an der Küste durch biogene Verlandung. In: Buchwald, K. & Engelhardt, W. [Hrsg.]: 196-204.
- WOLFF, W. J. & DANKERS, N. (1982): Preliminary checklist of the zoobenthos and necton species of the Wadden Sea. In: Dankers, N.; Kühl, H. & Wolff, W. J. [Hrsg.]: Invertebrates of the Wadden Sea: 24-60.
- WONNEBERGER, K. & HÖPNER, T. (1980): Maßnahmen zur Förderung des biologischen Ölabbau auf der Wattoberfläche. In: Verhalten der Diatomeen gegenüber den experimentellen Verölungen des Mai 1980 und Beziehungen zwischen dem Nährstoffangebot im Sediment und dem Diatomeenbesatz. Zwischenb. 1980 UBA Wasser 102 08 018, Oldenburg: 98 S.
- WONNEBERGER, K. & HÖPNER, T. (1982): Maßnahmen zur Förderung des biologischen Ölabbau auf der Wattoberfläche. III: Nährstoffkonzentration im interstitiellen Wasser und Beziehungen zur epibenthischen Primärproduktion. Jahresh. 1982; UBA Wasser 102 08 018: 108 S.
- WORMALD, A. P. (1976): Effects of a spill of marine diesel oil on the meiofauna of a sandy beach at Picnic Bay, Hong Kong. Environ. Poll. 11: 117-130.
- ZEEK, E. & MATUSCHEK, C. (1984): Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung von Rohöl und Rohöl/ Tensid- Gemischen im Ökosystem Wattenmeer. XIV. Untersuchungen der Metabolisierung und Verteilung von Rohöl in marinen Oligochaeten mit Hilfe der Mikroskop-Fluoreszenzspektroskopie. Senckenbergiana maritima 16 (1/6): 235-244.

# S 1

**Tab. 1:** Für die Schleswig-Holsteinischen Salzwiesen Auflistung der Transekt-Nummern und Karten. Die Karten-Angaben beziehen sich für Nordfriesland auf die Deutsche Grundkarte (Maßstab 1 : 5.000), für Dithmarschen auf Höhenkarten (Maßstab 1 : 10.000). Untersuchungszeitraum: 1987 - 1989.

Gebiet	Jahr	Transekt	Karten-Nr.	Karten-Name
Nordfriesland	1987	T1 - T4	7686	Zollhäuser-West
			7684	Hindenburgdamm (Bl.6)
			7484	Hindenburgdamm (Bl.5)
-----				
		T5 - T16	7484	Hindenburgdamm (Bl.5)
			7284	Hindenburgdamm (Bl.4)
			7482	Lübke-Koog-Nord
			7282	Lübke-Koog-Nordwest
			7480	Lübke-Koog-Mitte
			7478	Lübke-Koog-Süd
			7476	Horsbüll-West
			7676	Horsbüll
			7674	Südfeddersbüll
			7874	Toftum
-----				
		T17 - T22	7874	Toftum
			7872	Emmelsbüll-Süderdeich
			8072	Wilhelminenhof
			7870	Galmsbüllkoog-West
			8070	Galmsbüllkoog
			8068	Neugalmsbüller Koog
			8066	Dagebüllhafen
-----				
		T23 - T27	8066	Dagebüllhafen
			8064	Olanddamm-Nord
			8062	Olanddamm
			8266	Dagebüll
			8264	Osewoldterkoog
			8464	Broderswarft
			8262	Lütt Jenswarft-West
			8462	Lütt Jenswarft
-----				
		T28 - T32	8262	Lütt Jenswarft-West
			8462	Lütt Jenswarft
			8460	Schlüttsiel
			8260	Schlüttsiel-West
			8458	Schlüttsiel-Süd
			8658	Ockholm-West
-----				

## S 2

Gebiet	Jahr	Transekt	Karten-Nr.	Karten-Name
		T33 - T34	8658	Ockholm-West
			8858	Ockholm
			8856	Sönke-Nissen-Koog-Nord
.....				
	1988	T35 - T37	8858	Ockholm
			8856	Sönke-Nissen-Koog-Nord
			8854	Sönke-Nissen-Koog-West
			9054	Sönke-Nissen-Koog
-----				
		T38 - T40	9054	Sönke-Nissen-Koog
			9052	Hamburger Hallig-Ost
			8852	Hamburger Hallig
			8652	Hamburger Hallig-West
			8850	Hamburger Hallig-Süd
			9252	Sönke-Nissen-Koog-Süd
			9250	Sönke-Nissen-Koog-Südwest
			9050	Hamburger Hallig-Südost
-----				
		T41 - T43	9036	Nordstrand-Dreisprung
			9236	Neukoog
			9436	Nordstrand-Süderhafen
-----				
		T44 - T48	9436	Nordstrand-Süderhafen
			9438	Pohnshalligkoog-Süd
			9638	Pohnshalligkoog-Vorland
			9440	Pohnshalligkoog
			9640	Pohnshalligkoog-Ost
			9642	Pohnshalligkoog-Nordost
			9842	Halbüll
-----				
		T49 - T51	9842	Halbüll
			0042	Schobüll-Nord
			0040	Schobüll-Süd
			9840	Schobüll-West
-----				
		T52 - T54	0040	Schobüll-Süd
			9840	Schobüll-West
			0038	Dockkoog
-----				

### S 3

Gebiet	Jahr	Transekt	Karten-Nr.	Karten-Name
		T55 - T58	0038	Dockkoog
			9838	Mettgrund
			0036	Finkhaushallig
			9836	Finkhaushalligkoog
			9636	Simonsbergerkoog
			9634	Simonsberg
			9434	Simonsberg-West
		T59 - T66	9634	Simonsberg
			9434	Simonsberg-West
			9632	Porrendeich
			9432	Uelvesbüllerkoog
			9232	Uelvesbüller-Vorland
			9430	Uelvesbüll
			9230	Norderfriedrichskoog
			9030	Sophien Sommerkoog-West
			8830	Norderheverkoog-Ost
		T67 - T70	8830	Norderheverkoog-Ost
			8630	Norderheverkoog
			8430	Norderheverkoog-West
		T71 - T75	8430	Norderheverkoog-West
			8230	Augustenkoog-Nord
			8228	Augustenkoog
			8028	Heerstraße
			8030	Mittelplatten-Ost
			7828	Westerhever
			7830	Mittelplatten
		T76 - T77	7628	Westerheversand
			7626	Leikenhusen
		T78 - T80	7626	Leikenhusen
			7826	Sieversbüll
			8026	Süderheverkoog
			8024	Tümlauer Koog-Ost
			7824	Tümlauer Koog

# S 4

Gebiet	Jahr	Transekt	Karten-Nr.	Karten-Name
	1989	T81 - T85	8024	Tümlauer Koog-Ost
			7824	Tümlauer Koog
			7624	Tümlauer Koog-West
			7622	Brösum
			7422	Ording
			7424	Tümlauer Bucht
		T86 - T90	7420	Bad St.Peter
			7418	St.Peter-West
			7618	St.Peter-Ost
			7616	Westereck
		T91 - T93	Die Dünen- (und Salzwiesen)-Bereiche von St. Peter-Ording wurden nicht vegetationskundlich erfaßt.	
		T94 - T101	7816	Süderhöft
			8016	Ehsterkoog-Süd
			8018	Ehst
			8216	Ehstensiell
			8218	Grothusenkoog
			8416	Vollerwiek-Westerdeich
			8616	Vollerwiek
			8816	Spannbüllhorn
			8814	Purrenstrom-West
Dithmarschen		T102 - T112	137	Wesselburenerkoog (Purrenstrom)
			142	Wesselburen
			141	Dithmarscher Gründe (Linnenplate)
			147	Hedwigenkoog
			146	Watt vor Hedwigenkoog
		T113 - T114	163	Helmsand
		T115 - T117	168	Barlter-Sommerkoog
			167	Friedrichskoogspitze
		T118 - T121	167	Friedrichskoogspitze
		T122	167	Friedrichskoogspitze
			166	Marnier Plate
			172	Friedrichskoog-Hafen

# S 5

Gebiet	Jahr	Transekt	Karten-Nr.	Karten-Name
		T123 - T125	172	Friedrichskoog-Hafen
		T126 - T129	172 177	Friedrichskoog-Hafen Franzosensand
		T130 - T134	177 182 183 187 188	Franzosensand Norder Gründe (auf 188) Klotzenloch Neufelder Watt
		T135 - T139	188	Neufelder Watt
		T140 - T142	188 188a	Neufelder Watt Brunsbüttel Hermannshof

Tab. 2: Für die Niedersächsischen Salzwiesen Auflistung der Transekt-Nummern und Karten. Die Karten-Angaben beziehen sich auf die Deutsche Grundkarte (Maßstab 1 : 5.000). Untersuchungsjahr: 1991.

Gebiet	Transekt	Karten-Nr.	Karten-Name
Ostfriesland	001 - 006	6618	Dyksterhus
		6620	Upleward West
		6622	Leeshaus
		6624	Manslagt
		6824	Gr. Horenburg
		6826	Ober Sloet
		6626	Manslagter Nacken
		6828	Pilsum West
		6830	Pilsumer Leuchtturm
		007	7032
		7232	Leysand West
		7230	Greetsiel
		(7034)	
		(7234)	
	007 - 008	7230	Greetsiel
		7430	Leybuchtpolder Südwest
		7432	Leybuchtpolder West
		7232	Leysand West
		7632	Leybuchtpolder Ost
		7634	Neuwestee1
		7434	Leybucht-Siel
	009 - 010	7434	Leybucht-Siel
		7436	Westemarscherloog
		7236	Kleiner Krug
		7238	Tromschlag
	011	7240	Großer Platz
		7440	Westermarsch II - West
		7442	Norddeich West
		7642	Norddeich
		7644	Norddeich Hafen
		7844	Linteler Marsch
		7846	Linteler Marsch Nord
		8046	Ostermarsch
		8048	Mandepolder



# S 7

Gebiet	Transekt	Karten-Nr.	Karten-Name
	012	8048	Mandepolder
		8248	Lütetsburger Polder
		8448	Hilgenriedersiel
		8450	Wester Neßmerheller West
	013 - 016	8450	Wester Neßmerheller West
		8650	Wester Neßmerheller Ost
		8850	Neßmersiel Nord
	017 - 021	8850	Neßmersiel Nord
		9050	Osterdeich
		9250	Kuchenbäckerpolder
		9450	Dornumergroden Nord
		9650	Westeraccumersiel
	022 - 024	9850	Westeraccumersiel Ost
		0048	Middelsbur
		0050	Middelsbur Nord
		0248	Damsun
		0250	Westerburpolder
		0450	Bensersiel
	025 - 026	0450	Bensersiel
		0650	Westbense
		0850	Ostbense
		1050	Seriem
		1052	Seriem Nord
		1252	Addenhausen
		1452	Neuharlingersiel
	027	1452	Neuharlingersiel
	028	1652	Neu Poggenburg
		1852	Friedrichsgroden
		2052	Harlesiel

# S 8

Gebiet	Transekt	Karten-Nr.	Karten-Name
Jeverland	029 - 035	2052	Harlesiel
		2054	Harlesieler Watt
		2252	Augustengroden West
		2254	Augustengroden Nordwest
		2452	Augustengroden
		2454	Augustengroden Nord
		2652	Friederikensiel
		2654	Elisabethgroden Nord
		2854	Elisabethgroden Nordost
		3054	Minsen Nord
		3254	Minsen Nordost
		3252	Minsen Ost
		(3452	Schillig)
	035	3452	Schillig
	036	3646	Crildumersiel Ost
Butjadingen	059 - 060	4838	Tossens Strandbad
		5038	Kleintossens
		5040	Ruhwarderdeich
		5240	Ruhwarden
		5242	Langwarderdeich
		5442	Feldhauserdeich
		5642	Fedderwardergroden Nord
		5640	Fedderwardersiel
	061	5640	Fedderwardersiel
	062 - 065	5638	Burhave
		5638	Burhaversiel
		5836	Sillens
		6036	Waddenserdeich
		6236	Waddensersiel
		6234	Boving
6434	Nordenham-Tettens		
066 - 068	6434	Nordenham-Tettens	
	6634	Schockum	
	6834	Volken	
	6836	Langlütjen I	

Tab. 3: Liste aller während der quantitativen Vegetationsuntersuchungen in den schleswig-holsteinischen Salzwiesen (S.-H.) 1987-1989 und in den niedersächsischen Salzwiesen (N.S.) 1991 gefundenen Pflanzenarten: Präsenz der Art ist mit "+" gekennzeichnet. Die Nomenklatur richtet sich im wesentlichen für die botanischen Namen nach EHRENDORFER (1973) und für die deutschen Namen nach GARCKE (1972); für jede Art sind die Zeigerwerte LTK FRN nach ELLENBERG et al. (1991), die Lebensformen (Lf.) im Sinne von RAUNKIAER (ELLENBERG et al., 1991) sowie die Ölsensitivitätszahlen nach NEUGEBOHRN (1987; Öls.) angegeben.

\* In Küstennähe gelten diese Soz.; z.T. treten Subspecies oder Ökotypen der Arten auf (ELLENBERG et al., 1991)

\*\* Bei ELLENBERG et al. (1991) in Klasse 2.4 eingeordnet, doch muß es nach den Erfahrungen aus dem Projekt Klasse 2.6 heißen.

								Artenanzahl: 101 98	
Nr.	botanischer Name	deutscher Name	Soz.	LTK	FRN	Lf.	Öls.	S.-H.	N.S.
1	<i>Achillea millefolium</i> L.	Gemeine Schafgarbe	5.42	8xx	4x5	H,C	4	+	+
2	<i>Agropyron junceum</i> ssp. <i>boreoatlanticum</i> Sim. & Guin.	Binsen-Quecke	2.91	963	677	G	2	+	+
3	<i>Agropyron pungens</i> (Pers.)Roem.& Schult.	Strand-Quecke	3.811	972	575	H,G	2	+	+
4	<i>Agropyron repens</i> (L.)PB.	Kriechende Quecke	2.612*	767	xx7	G	2	+	+
5	<i>Agrostis gigantea</i> Roth	Aufrechtes Straußgras	5.4	753	876	H	5	+	
6	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Ausläufer-Straußgras	2.612*	8x5	xx5	H	3	+	+
7	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	Rotes Straußgras	5.	7x3	x44	H	4	+	
8	<i>Alopecurus geniculatus</i> L.	Geknieter Fuchsschwanz	3.811	963	877	H	6	+	+
9	<i>Ammophila arenaria</i> (L.) Lk.	Helm, Gemeiner Strandhafer	2.911	963	475	G	3	+	+
10	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Gewöhnliches Ruchgras	x	xxx	x5x	T,H	5	+	
11	<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	Wiesen-Kerbel	5.42	7x5	5x8	H	5		+
12	<i>Arenaria serpyllifolia</i> L.	Quendelblättriges Sandkraut	x	8xx	47x	T,C	7	+	
13	<i>Armeria maritima</i> (Mill.)Willd.	Gemeine Strandnelke	2.612	862	654	H	4	+	+
14	<i>Artemisia maritima</i> L.	Strand-Beifuß	2.612	96x	5x7	C,H	7	+	+
15	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	Gemeiner Beifuß	3.5	76x	6x8	H,C	5	+	

Artenanzahl: 101 98

Nr.	botanischer Name	deutscher Name	Soz.	LTK	FRN	Lf.	Öls.	S.-H.	N.S.
1	<i>Achillea millefolium</i> L.	Gemeine Schafgarbe	5.42	8xx	4x5	H,C	4	+	+
2	<i>Agropyron junceum</i> ssp. <i>boreoatlanticum</i> Sim. & Guin.	Binsen-Quecke	2.91	963	677	G	2	+	+
3	<i>Agropyron pungens</i> (Pers.)Roem.& Schult.	Strand-Quecke	3.811	972	575	H,G	2	+	+
4	<i>Agropyron repens</i> (L.)PB.	Kriechende Quecke	2.612*	767	xx7	G	2	+	+
5	<i>Agrostis gigantea</i> Roth	Aufrechtes Straußgras	5.4	753	876	H	5	+	
6	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Ausläufer-Straußgras	2.612*	8x5	xx5	H	3	+	+
7	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	Rotes Straußgras	5.	7x3	x44	H	4	+	
8	<i>Alopecurus geniculatus</i> L.	Geknieter Fuchsschwanz	3.811	963	877	H	6	+	+
9	<i>Ammophila arenaria</i> (L.) Lk.	Helm, Gemeiner Strandhafer	2.911	963	475	G	3	+	+
10	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Gewöhnliches Ruchgras	x	xxx	x5x	T,H	5	+	
11	<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	Wiesen-Kerbel	5.42	7x5	5x8	H	5		+
12	<i>Arenaria serpyllifolia</i> L.	Quendelblättriges Sandkraut	x	8xx	47x	T,C	7	+	
13	<i>Armeria maritima</i> (Mill.)Willd.	Gemeine Strandnelke	2.612	862	654	H	4	+	+
14	<i>Artemisia maritima</i> L.	Strand-Beifuß	2.612	96x	5x7	C,H	7	+	+
15	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	Gemeiner Beifuß	3.5	76x	6x8	H,C	5	+	

Nr.	botanischer Name	deutscher Name	Soz.	LTK	FRN	Lf.	Öls.	S.-H.	N.S.
16	<i>Aster tripolium</i> L.	Salz-Aster	2.6	86x	x77	H,T	3	+	+
17	<i>Atriplex hastata</i> L.	Spießblättrige Melde	3.212	86x	6x9	T	8	+	+
18	<i>Atriplex littoralis</i> L.	Strand-Melde	2.812	96x	xx9	T	8	+	+
19	<i>Atriplex patula</i> L.	Ausgebreitete Melde	3.3	66x	577	T	7	+	
20	<i>Bellis perennis</i> L.	Gemeines Gänseblümchen	5.42	8x2	5x6	H	6	+	+
21	<i>Blysmus compressus</i> (L.) Panz. ex Lk.	Zusammengedrücktes Quellried	x	8x5	883	G	3		+
22	<i>Blysmus rufus</i> (Huds.) Lk.	Fuchsrotes Quellried	2.612	86x	774	G	3		+
23	<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.)Palla	Meerstrandsimse	1.512	86x	1087	A,G	2	+	+
24	<i>Bromus hordeaceus</i> L.	Weiche Trespe	x	763	xx3	T	6	+	+
25	<i>Bupleurum tenuissimum</i> L.	Feines Hasenohr	3.811	964	784	T	7	+	
26	<i>Cakile maritima</i> Scop.	Meersenf	2.8	96x	6x8	T	7	+	
27	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	Rundblättrige Glockenblume	x	75x	xx2	H	5	+	
28	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Med.	Echtes Hirtentäschel	3.3	7xx	5x6	T	7		+
29	<i>Carex arenaria</i> L.	Sand-Segge	5.22	762	322	G,H	2	+	+
30	<i>Carex distans</i> L.	Entferntährige Segge	x	963	68x	H	6	+	+
31	<i>Carex extensa</i> Good.	Strand-Segge	2.612	963	7x4	H	6		+
32	<i>Carex flacca</i> Schreb.	Meergrüne Segge	x	7x3	68x	G	5		+
33	<i>Centaurium pulchellum</i> (Sw.)Druce	Zierliches Tausendgüldenkraut	2.511 <sup>*</sup>	967	x94	T	7	+	+
34	<i>Cerastium arvense</i> L.	Acker-Hornkraut	3.61	8x5	464	C	5	+	
35	<i>Cerastium fontanum</i> Baumg.	Quellen-Hornkraut	5.424	634	555	C	6		+
36	<i>Cerastium holosteoides</i> Fries emend.Hyl.	Gemeines Hornkraut	5.4	6xx	5x5	C,H	6	+	
37	<i>Cerastium semidecandrum</i> L.	Sand-Hornkraut	5.232	863	36x	T,H	6	+	
38	<i>Cirsium arvense</i> (L.)Scop.	Acker-Kratzdistel	2.612 <sup>*</sup>	85x	xx7	G	3	+	+
39	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	Echte Kratzdistel	3.5	853	578	H	7	+	+
40	<i>Cochlearia anglica</i> L.	Englisches Löffelkraut	2.511	963	885	T,H	7		+

Nr.	botanischer Name	deutscher Name	Soz.	LTK	FRN	Lf.	Öls.	S.-H.	N.S.
41	<i>Cochlearia officinalis</i> L.	Gebäuchliches Löffelkraut	2.6	86x	776	H	6	+	
42	<i>Cotula coronopifolia</i> L.	Laugenblume	3.811	96x	777	T	8	+	
43	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	Wiesen-Kammgras	5.423	853	5x4	H	5	+	+
44	<i>Dactylis glomerata</i> L.	Wiesen-Knäuelgras	x	7x3	5x6	H	5	+	+
45	<i>Daucus carota</i> L.	Möhre	3.542	865	4x4	H	5		+
46	<i>Elymus arenarius</i> L.	Strandroggen	2.7	96x	676	G	2	+	+
47	<i>Eryngium maritimum</i> L.	Stranddistel	2.911	963	474	H	6		+
48	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	Rohr-Schwengel	3.811	85x	774	H	5	+	+
49	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	Wiesen-Schwengel	5.4	8x3	6x6	H	5	+	+
50	<i>Festuca rubra</i> ssp. <i>litoralis</i> (G.F.W.Mey.)Auq.	Rot-Schwengel	2.612	864	675	H	3	+	+
51	<i>Geranium molle</i> L.	Weicher Storchschnabel	5.423	763	454	T	7		+
52	<i>Geranium pusillum</i> Burm.f.	Kleiner Storchschnabel	3.3	765	4x7	T	7	+	
53	<i>Glaux maritima</i> L.	Meeresstrand-Milchkraut	2.612	66x	775	H	3	+	+
54	<i>Glyceria plicata</i> (Fries) Fries	Gefalteter Schwaden	1.513	853	1088	A,H	5	+	
55	<i>Halimione portulacoides</i> (L.)Aellen	Portulak-Keilmelde	2.611	96x	7x7	C	4	+	+
56	<i>Hieracium pilosella</i> L.	Kleines Habichtskraut	5.	7x3	4x2	H	5	+	
57	<i>Holcus lanatus</i> L.	Wolliges Honiggras	5.4	763	6x4	H	5		+
58	<i>Honkenya peploides</i> (L.) Ehrh.	Salzmiere	2.811	96x	677	G,H	6	+	+
59	<i>Hordeum marinum</i> Huds.	Strand-Gerste	2.6**	964	875	T	7		+
60	<i>Juncus anceps</i> La Harpe	Zweischneidige Binse	2.612	861	774	H	3	+	+
61	<i>Juncus articulatus</i> Willd.	Glanzfrüchtige Binse	3.111*	8x3	9x2	H	3		+
62	<i>Juncus bufonius</i> L.	Kröten-Binse	2.612*	75x	734	T	7	+	+
63	<i>Juncus gerardii</i> Loisel.	Salz-Binse	2.612	86x	x7x	G	5	+	+
64	<i>Juncus maritimus</i> Lam.	Strand-Binse	2.6	973	776	G	3		+

Nr.	botanischer Name	deutscher Name	Soz.	LTK	FRN	Lf.	Öls.	S.-H.	N.S.
65	<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult.	Wiesen-Knautie	5.42	763	4x4	H	5	+	
66	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	Stengelumfassende Taubnessel	3.31	665	477	T	7		+
67	<i>Lathyrus heterophyllus</i> L.	Verschiedenblättrige Platterbse	6.11	744	482	H	5	+	
68	<i>Lathyrus pratensis</i> L.	Wiesen-Platterbse	5.4	75x	676	Hli	5		+
69	<i>Leontodon autumnalis</i> L.	Herbst-Löwenzahn	2.612*	7x3	555	H	6	+	+
70	<i>Lepidium latifolium</i> L.	Breitblättrige Kresse	3.811	968	754	H	5	+	
71	<i>Limonium vulgare</i> Mill.	Echter Strandflieder	2.61	963	775	H	4	+	+
72	<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	Gemeines Leinkraut	3.54	865	475	G,H	4	+	
73	<i>Linum catharticum</i> L.	Purgier-Lein	5.41	7x3	x72	T	6		+
74	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Vielblütiger Lolch, Italienisches Raygras	3.331	773	476	H,T	6	+	
75	<i>Lolium perenne</i> L.	Ausdauernder Lolch, Englisches Raygras	2.612*	863	577	H	2	+	+
76	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Gemeiner Hornklee	2.612*	7x3	473	H	6	+	+
77	<i>Odontites rubra</i> (Baumg.)Opiz	Roter Zahntrost	2.612*	663	575	Thp	7		+
78	<i>Ononis spinosa</i> L.	Dornige Hauhechel	2.612*	865	473	Z,H	4		+
79	<i>Parapholis strigosa</i> (Dum.)Hubb.	Dünnschwanz	2.511	862	774	T	8		+
80	<i>Phleum pratense</i> L.	Wiesen-Lieschgras	5.423	7x5	5x6	H	5		+
81	<i>Phragmites</i> <i>australis</i> (Cav.)Trin.ex Steud.	Schilfrohr	1.512*	75x	1077	G,A	3	+	+
82	<i>Plantago coronopus</i> L.	Schlitzblatt-Wegerich	2.511	873	774	H	7	+	+
83	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Spitz-Wegerich	5.4	6x3	xxx	H	4	+	+
84	<i>Plantago major</i> L.	Großer Wegerich	2.612*	8xx	5x6	H	5	+	+
85	<i>Plantago maritima</i> L.	Strand-Wegerich	2.6	86x	785	H	2	+	+

Nr.	botanischer Name	deutscher Name	Soz.	LTK	FRN	Lf.	Öls.	S.-H.	N.S.
86	<i>Poa angustifolia</i> L.	Schmalblättriges Rispengras	5.3	76x	xx3	H,G	5		+
87	<i>Poa annua</i> L.	Einjähriges Rispengras	x	7x5	6x8	T,H	7	+	+
88	<i>Poa pratensis</i> L.	Wiesen-Rispengras	5.4	6xx	5x6	H,G	4	+	+
89	<i>Poa trivialis</i> L.	Gemeines Rispengras	5.4	6x3	7x7	H,C	5	+	
90	<i>Polygonum aviculare</i> L.	Vogel-Knöterich	3.711	76x	4x6	T	7	+	+
91	<i>Polygonum persicaria</i> L.	Floh-Knöterich	3.31	663	577	T	7		+
92	<i>Potentilla anserina</i> L.	Gänse-Fingerkraut	3.811	76x	6x7	H	6	+	+
93	<i>Puccinellia maritima</i> (Huds.)Parl.	Andel	2.611	963	875	H	6	+	+
94	<i>Ranunculus auricomus</i> L.	Goldgelber Hahnenfuß	x	563	x7x	H	3	+	
95	<i>Ranunculus repens</i> L.	Kriechender Hahnenfuß	x	6xx	7xx	H	3	+	+
96	<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	Gift-Hahnenfuß	3.211	96x	979	T	7	+	
97	<i>Rosa rugosa</i> Thunb.	Kartoffel-Rose	x	xxx	xxx	N	3		+
98	<i>Rumex acetosa</i> L.	Großer Sauer-Ampfer	5.4	8xx	xx6	H	5	+	
99	<i>Rumex crispus</i> L.	Krauser Ampfer	2.612 <sup>*</sup>	753	7x5	H	3	+	+
100	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	Stumpfbältriger Ampfer	3.811	753	6x9	H	6	+	+
101	<i>Sagina maritima</i> G.Don	Strand-Mastkraut	2.511	86x	783	T	7		+
102	<i>Sagina nodosa</i> (L.) Fenzl	Knotiges Mastkraut	3.811	863	885	H,C	6	+	+
103	<i>Sagina procumbens</i> L.	Niederliegendes Mastkraut	3.711	7x3	576	C,H	6		+
104	<i>Salicornia europaea</i> L.	Gemeiner Queller	2.41	96x	884	T	7	+	+
105	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> (C.C.Gmel.) Palla	Graue Teichsinse	1.512	876	1096	G,A	2	+	
106	<i>Sedum acre</i> L.	Mauerpfeffer	5.2	863	2x1	C	5	+	+
107	<i>Senecio vulgaris</i> L.	Gemeines Greiskraut	3.3	7xx	5x8	T,H	6		+
108	<i>Solanum dulcamara</i> L.	Bittersüßer Nachtschatten	x	75x	8x8	Nli	3		+
109	<i>Sonchus arvensis</i> L.	Acker-Gänsedistel	2.8 <sup>*</sup>	75x	57x	G,H	3	+	+



Nr.	botanischer Name	deutscher Name	Soz.	LTK	FRN	Lf.	Öls.	S.-H.	N.S.
110	<i>Spartina townsendii</i> H.&J.Groves	Schlickgras	2.311	852	983	H,G	2	+	+
111	<i>Spergularia media</i> (L.)K.Presl	Flügelsamige Schuppenmiere	2.61	76x	775	H,C	6	+	+
112	<i>Spergularia salina</i> J.& C.Presl	Salz-Schuppenmiere	2.613	76x	79x	H	6		+
113	<i>Stellaria graminea</i> L.	Gras-Sternmiere	x	6xx	443	H	5	+	
114	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Vogelmiere	3.3	6xx	x78	T	7	+	+
115	<i>Suaeda maritima</i> (L.)Dum.	Strandsode	2.412	86x	877	T	8	+	+
116	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	Rainfarn	3.542	864	585	H	3	+	
117	<i>Taraxacum officinale</i> Web.	Wiesen-Löwenzahn	2.612 <sup>†</sup>	7xx	5x7	H	4	+	+
118	<i>Trifolium arvense</i> L.	Hasen-Klee	5.2	863	321	T	7	+	+
119	<i>Trifolium campestre</i> Schreb.	Feld-Klee	5.2	863	463	T	7	+	
120	<i>Trifolium dubium</i> Sibth.	Kleiner Klee	5.421	663	565	T	6	+	
121	<i>Trifolium fragiferum</i> L.	Erdbeer-Klee	3.811	865	787	H	6	+	+
122	<i>Trifolium pratense</i> L.	Rot-Klee	2.612 <sup>†</sup>	7x3	xxx	H	6	+	+
123	<i>Trifolium repens</i> L.	Weiß-Klee	2.612 <sup>†</sup>	8xx	566	C,H	6	+	+
124	<i>Triglochin maritimum</i> L.	Sechszack, Strand-Dreizack	2.6	86x	7x5	H	3	+	+
125	<i>Triglochin palustre</i> L.	Sumpf-Dreizack	1.7	8xx	9x1	H	6	+	+
126	<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.)C.H.Schultz	Geruchlose Kamille	2.612 <sup>†</sup>	763	x66	T	7	+	+
127	<i>Tripleurospermum maritimum</i> (L.) Koch	Geruchlose Kamille	2.81	963	678	T	7	+	
128	<i>Trisetum flavescens</i> (L.) PB.	Wiesen-Goldhafer	5.42	7x5	xx5	H	5	+	
129	<i>Tussilago farfara</i> L.	Hufblattich	3.	8x3	68x	G	6		+
130	<i>Urtica dioica</i> L.	Große Brennessel	3.5	xxx	678	H	5	+	+
131	<i>Vicia cracca</i> L.	Vogel-Wicke	5.4	75x	5xx	Hli	6	+	+
132	<i>Vicia sativa</i> L.	Futter-Wicke	x	563	xxx	Tli	7	+	

Das GKSS-Forschungszentrum betreibt anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung. Das Programm ist in drei Forschungsschwerpunkte gegliedert:

- Materialforschung,
- Umweltforschung,
- Trenn- und Verfahrenstechnik.

Das Forschungs- und Entwicklungsprogramm des GKSS-Forschungszentrums ist mit den zuständigen Ministerien des Bundes und der Länder, insbesondere mit dem Bundesministerium für Forschung und Technologie, abgestimmt und wird in Zusammenarbeit mit der Industrie, den norddeutschen und Berliner Hochschulen sowie anderen Institutionen im In- und Ausland durchgeführt. Die Arbeiten erstrecken sich von grundlegenden Untersuchungen über die Entwicklung neuer Methoden bis zum Bau und zur Erprobung von Pilotanlagen.

Die Ergebnisse des Forschungs- und Entwicklungsprogramms werden veröffentlicht, wozu das vorliegende Exemplar unserer externen Berichte beiträgt.

Das GKSS-Forschungszentrum ist eine GmbH. Ihr Stammkapital wird von der Bundesrepublik Deutschland, den vier Küstenländern, dem Verein der Freunde und Förderer des GKSS-Forschungszentrums Geesthacht e.V. und verschiedenen Unternehmen der Industrie, der Schifffahrt sowie Banken gehalten. Im Forschungszentrum in Geesthacht und den Außenstellen in Teltow und Magdeburg sind ca. 850 Mitarbeiter beschäftigt. Die Aufwendungen für das Forschungs- und Entwicklungsprogramm betragen derzeit ca. 125 Mio. DM im Jahr. Sie werden vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (90 %), von den norddeutschen Küstenländern (10 %) sowie den Ländern Sachsen-Anhalt (für Magdeburg) und Brandenburg (für Teltow) getragen. Neben dem Forschungs- und Entwicklungsprogramm führt das GKSS-Forschungszentrum Forschungsaufträge durch.

