

## 6 Fischkrankheiten

Seit 1980 werden zweimal jährlich, jeweils im Sommer und im Winter, in bis zu acht Gebieten der Nordsee die Häufigkeit und Verbreitung von Krankheiten und Parasiten wichtiger Fische untersucht.

Die Bundesforschungsanstalt für Fischerei erfasst die Häufigkeit und regionale Verbreitung von Leberanomalien bei Klieschen der Nordsee seit 1988 zweimal pro Jahr im Rahmen der Überwachung von Fischkrankheiten. Gemäß Richtlinien des International Council for the Exploration of the Sea (ICES) werden dazu pro Untersuchungsgebiet bei jeweils 50 Klieschen der Größenklasse  $\geq 25$  cm Totallänge makroskopisch sichtbare Leberknoten einer Größe von  $> 2$  mm quantifiziert und für eine spätere histologische Untersuchung fixiert.

Das gehäufte Auftreten von Fischkrankheiten muss in erster Linie als Resultat einer Beeinträchtigung des Immunsystems angesehen werden. Für eine solche Beeinträchtigung können eine Vielzahl von Faktoren und deren Kombinationen verantwortlich sein, und zwar nicht nur Schadstoffe, sondern auch natürliche Faktoren wie Salzgehalt, Temperatur, Nahrungsbedingungen, Populationsdichte und andere. Wenn einer oder mehrere dieser Faktoren für die Fische nicht optimal sind, resultiert dies in einer Suppression der Immunkompetenz mit der Konsequenz des Ausbruchs von Krankheiten. Das Auftreten erhöhter Prozentsätze befallener Fische in bestimmten Regionen deutet immer auf eine Störung hin.

In selteneren Fällen entstehen Krankheiten auch durch direkte Einwirkungen auf bestimmte Zielorgane betroffener Fische. Als ein Beispiel hierfür wird die Entstehung von Lebertumoren angesehen, als deren Hauptursache die chronische Belastung mit krebserregenden Umweltschadstoffen vermutet wird.

### Äußerlich sichtbare Krankheiten der Kliesche (*L. limanda*)

Die untersuchten Fischarten sind Kliesche (*Limanda limanda*), Kabeljau (*Gadus morhua*), Wittling (*Merlangius merlangus*),

Schellfisch (*Melanogrammus aeglefinus*) und Scholle (*Pleuronectes platessa*). Am häufigsten traten äußerlich erkennbare Krankheiten bei der Kliesche auf, einem bodenlebenden Plattfisch, der trotz seines massenhaften Vorkommens für die deutsche Fischerei keine Rolle spielt. Die quantitativ bedeutendsten Krankheiten sind:

- Lymphocystis, durch Viren hervorgerufen, eine weltweit verbreitete Infektionskrankheit, die an vielen Fischarten auftritt,
- epidermale Hyperplasien/Papillome sind Hauttumore, deren Ursache nicht geklärt ist,
- Ulcerationen, ebenfalls eine Infektionskrankheit, hervorgerufen durch bakterielle Mischinfektionen.

Bei der Betrachtung der regionalen Verbreitung und der zeitlichen Fluktuationen dieser Krankheiten muss berücksichtigt werden, dass die Krankheiten saisonalen Schwankungen unterworfen sind, so dass bei einer einmaligen oder zweifachen Probennahme pro Jahr immer nur Momentaufnahmen entstehen können. Hinzu kommt, dass saisonale Fluktuationen für Ulcerationen anders verlaufen als für Lymphocystis und epidermale Hyperplasien/Papillome.

### Regionale Unterschiede

In Abb. 32 bis 34 sind Beispiele für die regionale Verbreitung der genannten Krankheiten der Kliesche in Schlüsselgebieten der Nordsee für Januar 1996 wiedergegeben. Für Lymphocystis fanden sich Befallsraten über 20 % auf der Fischerbank und in den Außenbezirken des Firth of Forth. Die niedrigsten Befallsraten fanden sich vor Horns Riff und mittlere Befallsraten auf den übrigen Stationen (Abb. 32). Deutlich niedriger war der Befall der Kliesche mit epidermalen Hyperplasien/Papillomen. Hier fanden sich die höchsten Befallsraten mit 8 % in der Deutschen Bucht. Auf der Doggerbank, vor dem Firth of Forth und vor der schottischen Küste waren die Befallsraten nicht signifikant unterschieden. Sie waren aber deutlich niedriger vor Horns Riff und auf der Fischerbank (Abb.33). Bei Ulcerationen waren höchste Befallsraten in der zentralen mittleren Nordsee (Doggerbank und Fischerbank) anzutreffen. Hier ist zu berücksichtigen, dass im

Winter für Ulcerationen die Häufigkeitsminima zu erwarten sind, Maxima treten im August auf (Abb.34).

Festzuhalten bleibt: Für die drei Krankheiten gibt es unterschiedliche regionale Verbreitungsmuster. Schwerpunkte für das Auftreten

- von Lymphocystis waren aber immer Firth of Forth und Doggerbank,
- für epidermale Hyperplasien/Papillome Deutsche Bucht und Firth of Forth,
- für Ulcerationen Doggerbank und Fischerbank.

### Zeitliche Entwicklung

Die zeitlichen Fluktuationen der Befallshäufigkeiten von Klieschen in der Deutschen Bucht sind in Abb. 35 dargestellt. Für Lymphocystis (Abb.35a) ergaben sich während des gesamten Untersuchungszeitraumes Schwankungen der Mediane zwischen 5 % und 25 % mit einer Auf- und Abwärtsbewegung der Krankheitshäufigkeiten in einem Rhythmus von sieben Jahren. Maxima des Befalls waren 1988 und 1989 festzustellen. Danach nahmen die Befallsraten bis 1993 deutlich ab und stiegen von 1993 bis 1998 bis zu einem Medianwert von 15 % an.

Auch für epidermale Hyperplasien/Papillome (Abb.35b) scheinen zyklische Veränderungen der Krankheitshäufigkeiten vorzuliegen, wenngleich hier der Rhythmus von sieben Jahren nicht so ausgeprägt zu erkennen ist. Auf die zunächst niedrigen Befallsraten in den Jahren 1981 bis 1983 folgte ein Anstieg bis 1985. Nach 1987 wurde ein stetiger Rückgang der Befallshäufigkeiten registriert und nach 1993 erfolgte ähnlich wie für Lymphocystis ein Anstieg allerdings mit stärkeren Fluktuationen.

Ein anderes Bild ergab sich für akute und heilende Stadien von Ulcerationen (Abb.35c). Jedoch ist auch hier nach 1996 ein Anstieg der Befallshäufigkeiten zu registrieren.

Diese Ergebnisse machen deutlich, dass nicht davon ausgegangen werden kann, dass ein einheitlicher Satz von Faktoren in allen Gebieten und zu allen Zeiten für das Auftreten der drei genannten Krankheiten verantwortlich zu machen ist. Weiter ist zu erkennen, dass es keine einfachen Korrelationen gibt zwischen

den genannten Krankheiten und denjenigen Schadstoffen, für die abnehmende Trends sowohl in den Eintragsmengen als auch in den Konzentrationen im Seewasser und im Sediment festgestellt wurden.

### Leberanomalien bei Klieschen

Das gehäufte Vorkommen von Lebertumoren und deren Vorstadien bei marinen Plattfischen gilt als ein Indikator für Effekte krebserregender Umweltchemikalien (z.B. polychlorierte Biphenyle und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe), und daher sind Untersuchungen zu ihrem Auftreten seit langem Bestandteil nationaler und internationaler Monitoringprogramme zu biologischen Schadstoffeffekten. Bei den makroskopischen Leberknoten handelt es sich größtenteils um gutartige Tumoren und deren Vorstadien, zu einem schwankenden Anteil aber auch um nicht eindeutig tumoröse pathologische Veränderungen.

### Regionale Unterschiede

Gebiete mit erhöhten Prävalenzen von Leberknoten > 2 mm liegen überwiegend im südlichen Teil der Nordsee (südlich von 55 ° N) und dort insbesondere auf der Doggerbank, vor der Humbermündung und, vor allem zu Beginn der Untersuchungen, in der Deutschen Bucht. Im Gegensatz dazu sind die nördlicher gelegenen Untersuchungsgebiete durch konstant niedrige Befallsraten gekennzeichnet.

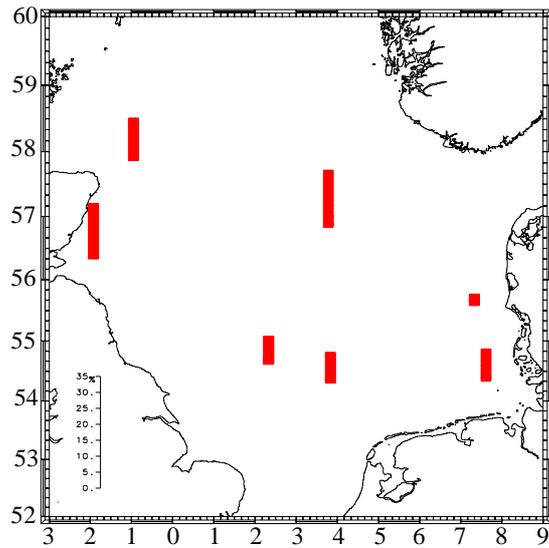
### Zeitliche Entwicklung

Abb. 35 zeigt die zeitlichen Veränderungen der Befallsraten bei Klieschen  $\geq 25$  cm im

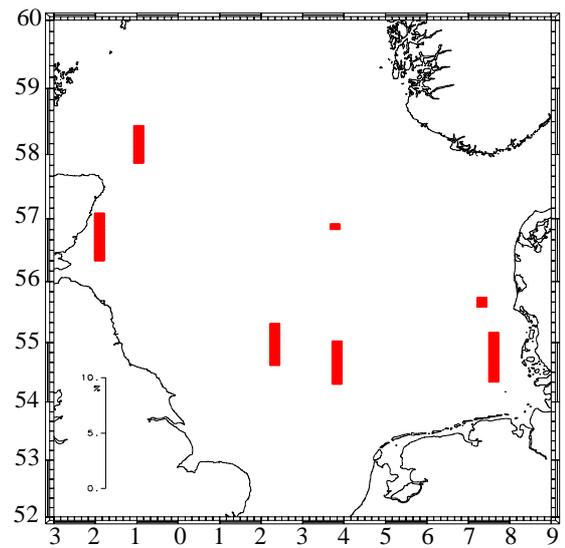
Zeitraum 1988 –1998 exemplarisch für drei Gebiete: die Deutsche Bucht, die Doggerbank und Außenbezirke des Firth of Forth vor der schottischen Küste. In allen Gebieten nahm die Befallsrate im Verlauf des Untersuchungszeitraums ab, wobei dieser Effekt besonders deutlich in der Deutschen Bucht innerhalb der ersten fünf Jahre auftrat. Seither schwanken die Werte um einen relativ konstanten Mittelwert. Während die Befallsraten auf der Doggerbank in der ersten Hälfte der neunziger Jahre zumeist über denen in der Deutschen Bucht lagen, glichen sie sich danach an. Die histologischen Auswertungen belegen aber, dass der Anteil von Tumoren an der Gesamt-

zahl der Leberknoten den in der Deutschen Bucht nach wie vor deutlich übersteigt. Die Befallsraten im Firth of Forth waren stets niedrig und veränderten sich seit Anfang der neunziger Jahre nur noch geringfügig.

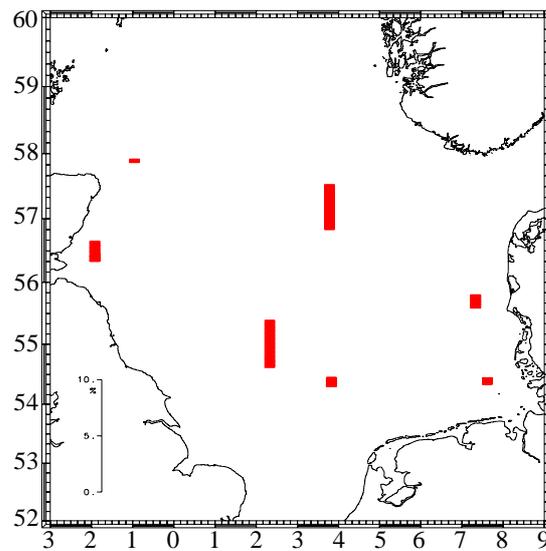
Insgesamt stimmen die abnehmenden Befallsraten mit den Informationen über generell rückläufige Schadstoffeinträge in die Nordsee und ihre Konzentrationen in Nordseefischen, Wasser und Sedimenten überein. Es lassen sich allerdings nicht in allen Fällen regionale Korrelationen nachweisen, was auch bei dieser Krankheit auf die Komplexität der krankheitsauslösenden Faktoren hinweist.



**Abb. 32: Kliesche (*Limanda limanda*).**  
**Januar 1996. Häufigkeit des Befalls mit**  
**Lymphocystis**

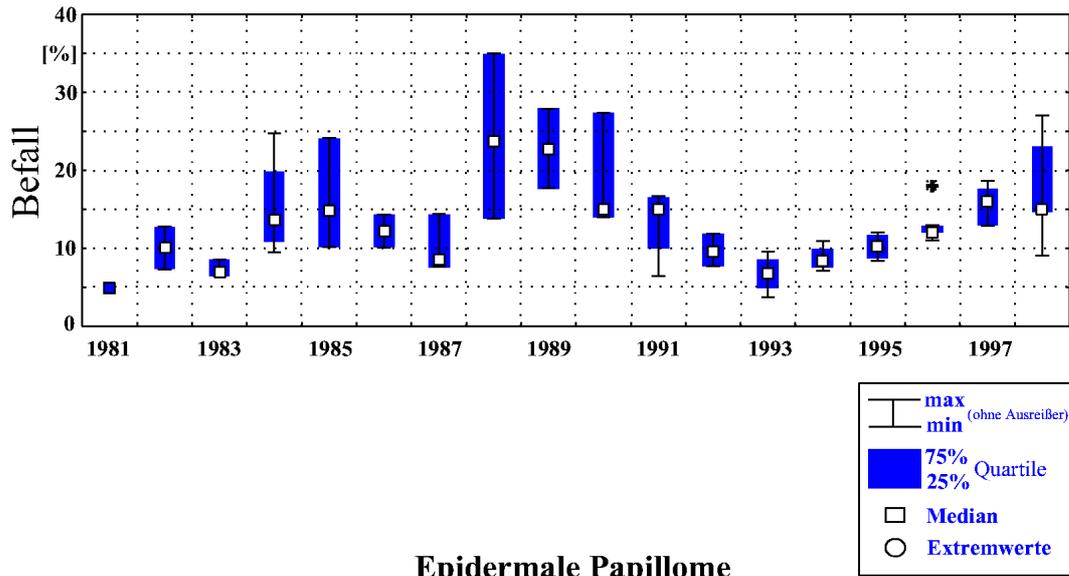


**Abb. 33: Kliesche (*Limanda limanda*).**  
**Januar 1996, Häufigkeit des Befalls mit**  
**epidermalen Hyperplasien/Papillomen.**

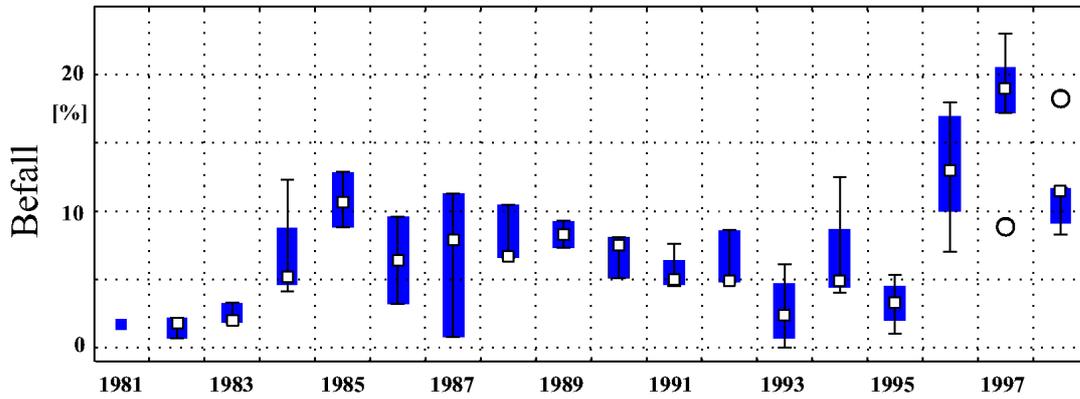


**Abb. 34: Kliesche (*Limanda limanda*).**  
**Januar 1996. Häufigkeit des Befalls mit**  
**Ulcerationen.**

**Kliesche (*Limanda limanda*, m.+f.)**  
Lymphocystis Sommerwerte



**Epidermale Papillome**



**Akute und heilende Ulcerationen**

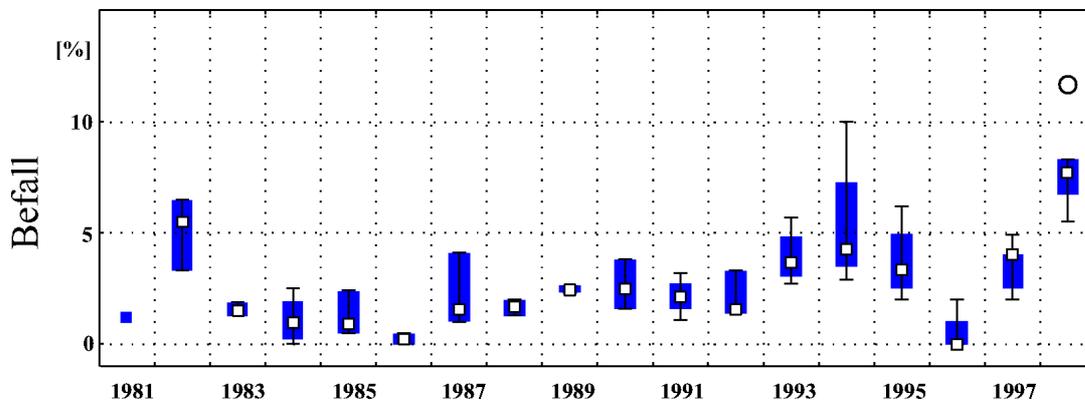


Abb. 35: Kliesche (*Limanda limanda*). Deutsche Bucht, Sommer, Männchen und Weibchen, alle Längen. Lymphocystis (a. oben), epidermale Hyperplasien/Papillome (b. Mitte), akute und heilende Stadien von Ulcerationen (c. unten).

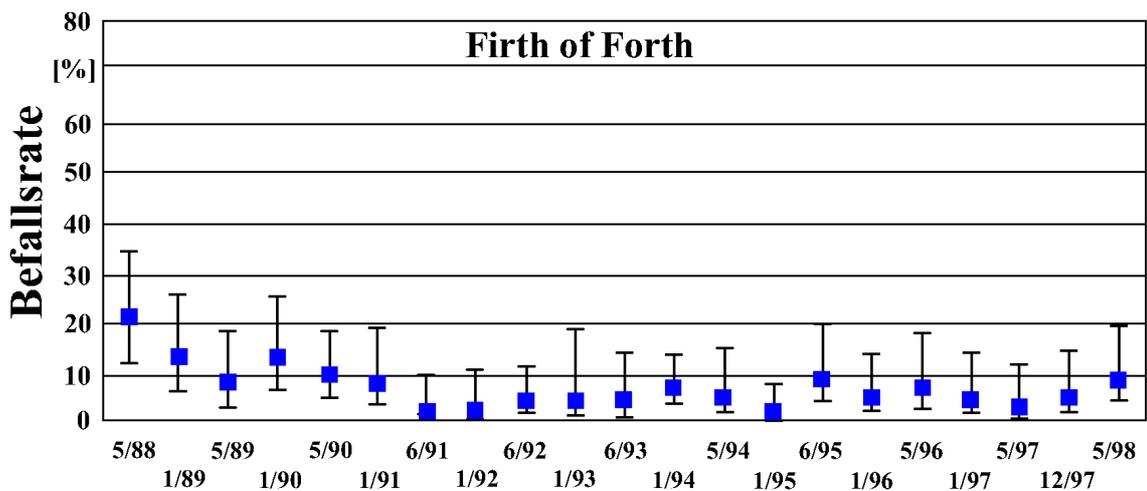
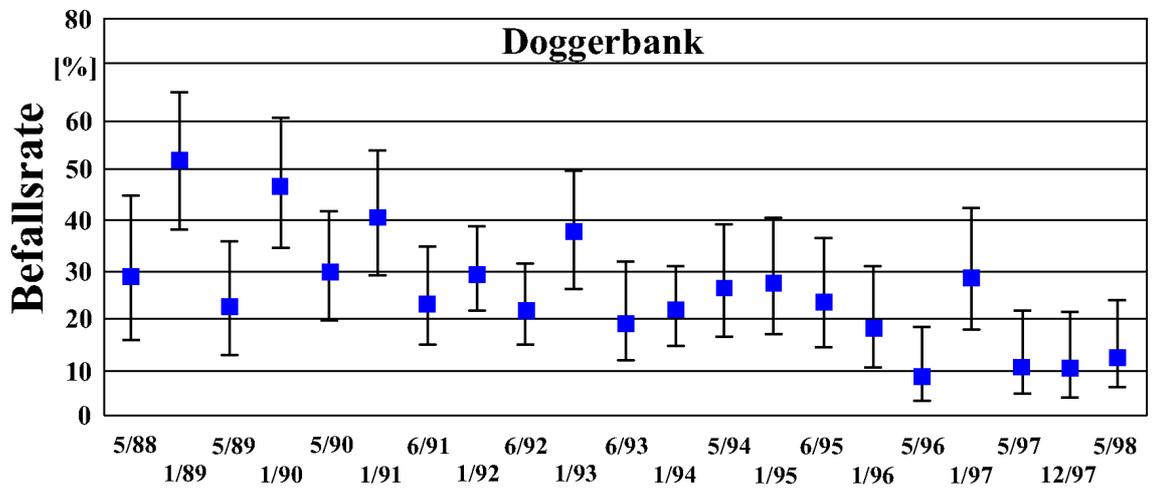
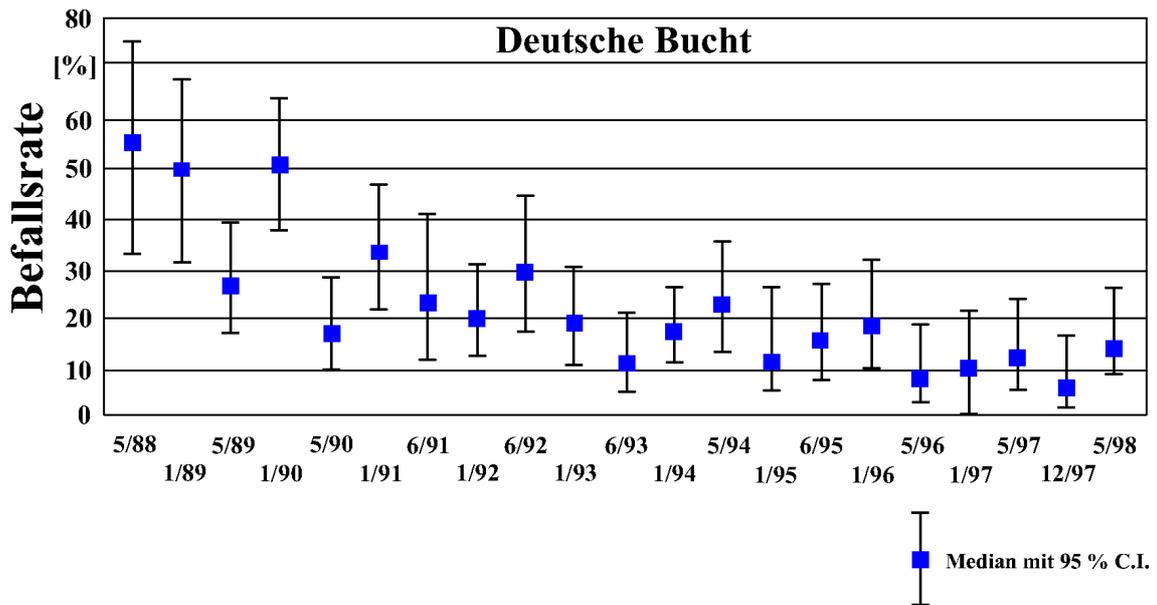


Abb. 36: Kliesche (*Limanda limanda*). Veränderungen der Befallsraten mit Leberknoten > 2 mm bei Klieschen  $\geq 25$  cm im Zeitraum 1988-1998. Dargestellt sind die Befallsraten mit den 95 %-Vertrauensbereichen.

## Missbildungen pelagischer Fischembryonen

Seit 1984 werden einmal im Jahr in einem Seegebiet vor der dänischen, deutschen und holländischen Küste (Abb.37a,b) auf einem festgelegten Stationsnetz Embryonen pelagisch laichender Fischarten auf das Vorhandensein von morphologischen Missbildungen untersucht.

Frühe Entwicklungsstadien nicht nur von Fischen gelten als besonders empfindlich. Schon geringe Störungen können bei sich entwickelnden Embryonen zu Abweichungen vom Normalzustand führen. Treten hohe Prozentsätze von missgebildeten Embryonen auf, weist das darauf hin, dass einige der Faktoren, die Voraussetzung für eine normale Entwicklung von Embryonen sind, vom Optimum abweichen. Ursachen für Schäden an Embryonen können bereits während der Entwicklung der Gonaden auftreten. Hier könnten Fehler-nährung der Elterntiere, langandauernder Stress während der Gonadenentwicklung oder aber die Aufnahme von Schadstoffen als Ursache diskutiert werden. Des Weiteren können Faktoren in der Wassersäule wirken. Hier seien ungünstige Temperaturen, Salzgehalte oder auch erhöhte Schadstoffkonzentrationen genannt. Und schließlich wirken Prädisposition in der Gonade und Exposition in der Wassersäule in Kombination.

Bei der Empfindlichkeit der sich entwickelnden Fischembryonen kann man davon ausgehen, dass geringere Prozentsätze von Missbildungen auch unter annähernd optimalen Bedingungen auftreten. Höhere Raten von Missbildungen allerdings deuten auf eine Störung hin.

Die höchsten Missbildungsraten fanden sich immer bei Embryonen des Wittlings (*Merlangius merlangus*), gefolgt von denen der Flunder (*Platichthys flesus*), Kliesche (*Limanda limanda*), Kabeljau (*Gadus morhua*) und Scholle (*Pleuronectes platessa*). Zu Zeiten des höchsten Befalls im März 1987 wiesen 60 % der Wittlinge, die in der Deutschen Bucht untersucht wurden, 28 % der Klieschen, 17 % der Schollen und 18 % der Flundern Missbildungen auf.

## Regionale Unterschiede

Ein für die Anfangsphase der Untersuchungen typisches Verbreitungsbild missgebildeter Embryonen der Kliesche ist für das Jahr 1987 in Abb.37a wiedergegeben. Dargestellt sind Stationen mit signifikant höherem Befall als das Gesamtmittel (schwarze Dreiecke), Stationen mit signifikant niedrigerem Befall als das Gesamtmittel (graue Vierecke) sowie Stationen, auf denen der Befall nicht signifikant vom Mittel abwich. Gebiete erhöhter Missbildungen finden sich im Zentrum der Deutschen Bucht, vor den Ostfriesischen Inseln und vor der Rhein-Mündung.

Im Vergleich dazu ist die Situation 1997 in dem gleichen Abbildungsmaßstab in Abb.37b dargestellt. Die Befallsraten waren erheblich niedriger und die Gebiete erhöhter Missbildungshäufigkeiten kleiner als 1987.

## Zeitliche Entwicklung

In Abb.38 ist die Fluktuation der Missbildungshäufigkeiten von Embryonen der Kliesche in der Deutschen Bucht von 1984 bis 1998 wiedergegeben. Von 1984 bis 1987 stiegen die Befallsraten deutlich an. Sie waren danach von 1990 bis 1998 mit Ausnahme von 1996 geringer, der niedrigste Wert ergab sich für 1998. Ähnliche zeitliche Fluktuationen waren auch für Embryonen der anderen genannten Fischarten festzustellen.

Die Häufigkeit von Missbildungen war negativ korreliert mit den Wassertemperaturen bezogen auf das Mittel der Temperaturen, gemessen während des ersten Quartals auf einer Dauerstation bei Helgoland. Bei Temperaturen im Bereich um und unter 2°C fanden sich die höchsten Missbildungsraten. Das galt für die Jahre 1985, 1986, 1987 und 1996. In den Temperaturbereichen zwischen 3.5°C und 6.5°C wurden durchweg niedrigere Missbildungsraten angetroffen.

Vergleicht man die zeitlichen Fluktuationen der Missbildungshäufigkeiten der Kliesche mit denjenigen von bestimmten Organochlorverbindungen in Lebern der Kliesche aus der Deutschen Bucht, so ergab sich lediglich für DDE eine signifikante positive Korrelation.

Es bleibt festzuhalten: Niedrige Wassertemperaturen ( $<2^{\circ}\text{C}$ ) haben einen negativen Einfluss auf die Häufigkeit von Missbildungen an pelagischen Fischembryonen. Mit abnehmender Häufigkeit des Auftretens niedriger Wassertemperaturen in der Deutschen Bucht nahmen auch die Missbildungshäufigkeiten ab. Es bestehen zusätzlich Beziehungen zwischen

bestimmten Schadstoffen in Geweben der Elterntiere und dem Auftreten von Missbildungen. Bei weiter abnehmenden Konzentrationen von Organochlorverbindungen der Gruppe DDT und Derivate wird deren Einfluss künftig weiter abnehmen und die Wassertemperatur für das Auftreten von missgebildeten Fischembryonen der dominierende Faktor sein.

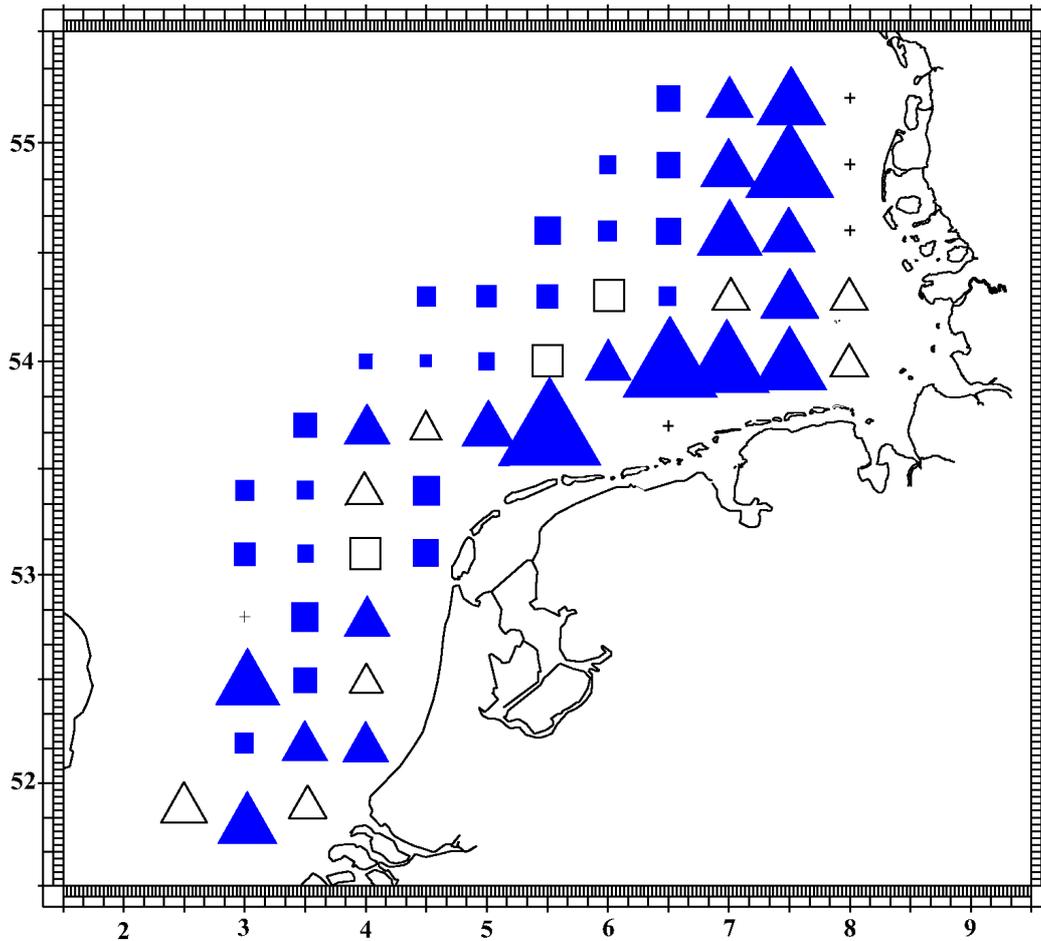


Abb. 37a: Kliesche (*Limanda limanda*). Häufigkeit von Missbildungen von Embryonen im Jahre 1987. Signifikant positiv (schwarze Dreiecke), negativ (graue Vierecke) Abweichungen vom Gesamtmittel.

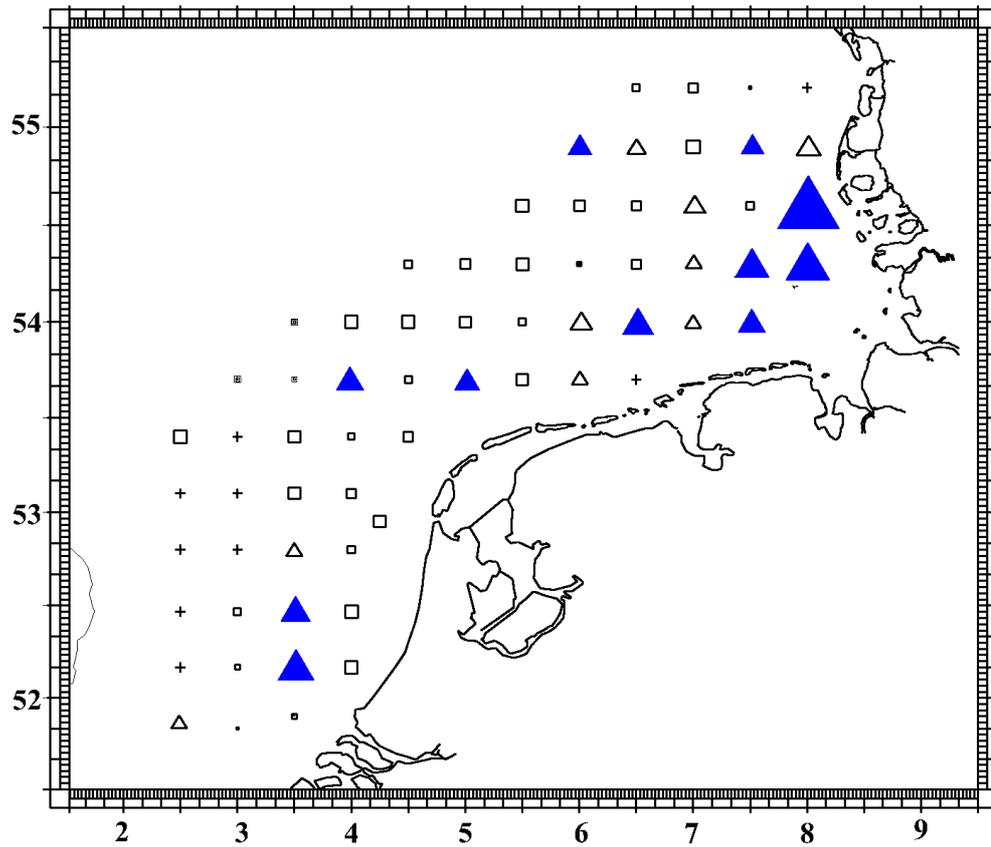


Abb. 37b: Kliesche (*Limanda limanda*). Häufigkeit von Missbildungen von Embryonen im Jahre 1997. Signifikant positiv (schwarze Dreiecke), negativ (graue Vierecke) Abweichungen vom Gesamtmittel.

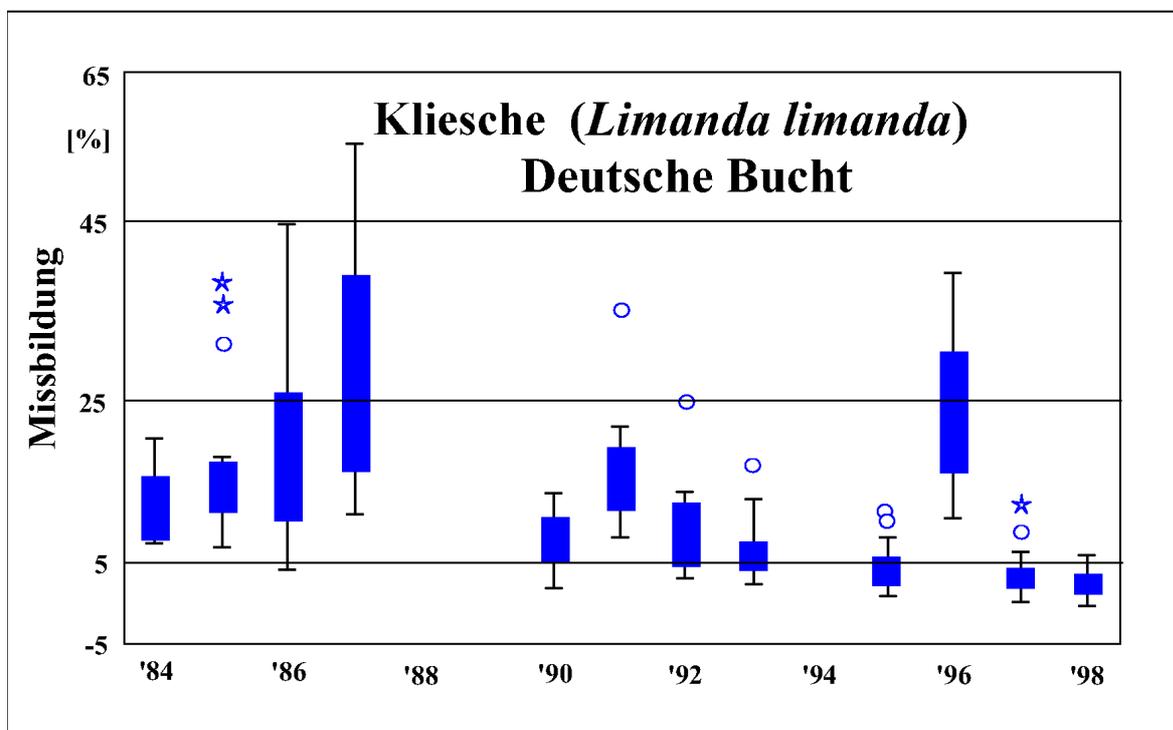


Abb. 38: Kliesche (*Limanda limanda*); Häufigkeit von Missbildungen von Embryonen in der Deutschen Bucht

## 7 See- und Küstenvögel bei Helgoland

Die folgenden Ausführungen beschäftigen sich exemplarisch mit den See- und Küstenvogelbeständen bei Helgoland. Sie umfassen nicht die Bestände an der schleswig-holsteinischen und niedersächsischen Küste (siehe dazu beispielsweise Südbeck und Hälterlein, 1997 und Poot et al., 1996).

### Veränderungen der Brutbestände Helgoländer See- und Küstenvögel von 1800 bis 1996 (Hüppop, 1997)

Seit Beginn der ornithologischen Aufzeichnungen gegen 1800 wurden Bruten von 14 See- und Küstenvogelarten auf Helgoland festgestellt. Die arten- und zahlenmäßige Zusammensetzung der Brutbestände hat sich im Laufe dieser vergangenen zweihundert Jahre erheblich geändert.

Der Austernfischer (*Haematopus ostralegus*) verschwand nach Gründung des Seebades Helgoland in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Die Wiederbesiedelung erfolgte nach der Evakuierung der Insel im Jahre 1945. Parallel zur vermutlich schutz- und später eutrophierungsbedingten Bestandszunahme an der niedersächsischen und schleswig-holsteinischen Nordseeküste stiegen auch auf Helgoland die Bestände seit den siebziger Jahren stark an. Sie erreichten 1996 mit 53 Brutpaaren ihren bisherigen Höchststand, der Bruterfolg indes ist nach wie vor niedrig.

Dreizehenmöwe (*Rissa tridactyla*) und Papageitaucher (*Fratercula arctica*) verschwanden als Brutvögel im letzten Jahrhundert aufgrund übermäßiger menschlicher Verfolgung, später sogar die Silbermöwe (*Larus argentatus*). Der Dreizehenmöwe gelang 1938 eine erfolgreiche Wiederansiedlung. 1995 brüteten auf Helgoland fast 7500 Paare, 1996 waren es knapp 7000 - vermutlich weit mehr als je zuvor. Auch die Silbermöwe hat sich im oder nach zweiten Weltkrieg wieder angesiedelt. Der Papageitaucher „inspiziert“ zwar alljährlich die Helgoländer Kolonie, hat sich aber bisher nicht wieder als Brutvogel niedergelassen. Dafür sind einige völlig neue Brutvogelarten erschienen: Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*), Baßtöpel (*Morus bassanus*), Brandgans (*Tadorna tadorna*), Stock- und Eiderente (*A-*

*nas platyrhynchos* und *Somateria mollissima*), Sandregenpfeifer (*Charadrius hiaticula*), Herings- und Schwarzkopfmöwe (*Larus fuscus* und *L. melanocephalus*). Anders als in früheren Jahren ist eine Bekämpfung der Silbermöwe zum Schutz der Trottellumme (*Uria aalge*) und anderer Brutvogelarten heute nicht mehr erforderlich. Beunruhigung durch den Menschen reduziert hingegen vermutlich das Vorkommen von Austernfischer, Sandregenpfeifer, Silber- und Heringsmöwe und Brandseeschwalbe (*Sterna sandvicensis*).

### Fischereiabfälle dienen Großmöwen als „künstliche“ Nahrungsquelle (Hüppop & Geiß, 1995)

Im Nordseeraum nahmen die Bestände vieler See- und Küstenvögel im Laufe der vergangenen Jahrzehnte stark zu. Viele Arten auf Helgoland erreichten in den neunziger Jahren unseres Jahrhunderts ihre höchsten Bestände. Als Gründe kommen ein verbesserter Schutz, ein besseres Angebot an kleineren Fischarten sowie ungenutzter Beifang und Schlachtabfälle aus der Fischerei als „künstliche“ Nahrungsquelle in Betracht (Hüppop, 1997).

Da es nordseeweit keine Gebiete ohne Fischerei gibt, war es schwierig, Auswirkungen des künstlichen Nahrungsangebotes durch die Fischerei auf die Bestände der davon lebenden Vogelarten nachzuweisen. Der Nachweis gelang aber durch zeitliche Vergleiche. Über die Weihnachts- und Neujahrsfeiertage ruht die Fischerei um Helgoland weitgehend. Folglich gibt es auch keine ungenutzten Beifänge und Schlachtabfälle, die in diesem Gebiet vor allem Großmöwen als Nahrung dienen könnten. Die Anzahl rastender Mantelmöwen (*L. marinus*) ging auf Helgoland in vier von fünf Wintern (1989/90 bis 1994/95) über die Weihnachtsfeiertage deutlich zurück. Bei den Silbermöwen war dies sogar in jedem der beobachteten Winter der Fall. Die Rastbestände dieser beiden Großmöwenarten wuchsen wieder an, sobald die Fischerei erneut einsetzte. Vermutlich beeinflusst das künstliche Nahrungsangebot Größe und Verteilung ihrer Rast- und Brutbestände.

# 8 Sauerstoffmangel: Gefahr für das marine Ökosystem

## 8.1 Beispiel: Ostfriesisches Wattenmeer

Kleine Flächen schwarzgefärbten Wattbodens, die sogenannten Schwarzen Flecken, treten im Wattenmeer natürlicherweise immer dann auf, wenn lokal große Mengen organischen Materials wie Tierkadaver oder große Algenreste abgebaut werden müssen. Seit 1987 aber nahm ihre Häufigkeit und Ausdehnung zu, ohne dass in allen Fällen auslösende Faktoren erkennbar waren (Höpner und Michaelis, 1994). Im Jahr 1996 traten schwarze, sauerstofffreie Flächen bisher nicht bekannten Ausmaßes vor der ostfriesischen Küste auf. Mitte Juni des Jahres waren bis zu 20% aller trockenfallenden Flächen in diesem Gebiet davon betroffen (in den Vorjahren höchstens 0,1%) (Höpner und Meurs, 1996).

Im gut belüfteten Wattsediment ist die Bodenoberfläche durch dreiwertige Eisenverbindungen (Sesquioxide, Hydroxide, Oxide) gelblich-bräunlich gefärbt. Ist der Sauerstoffvorrat im Porenwasser des Wattsediments aufgebraucht und die Belüftung mit frischem Wasser unterbunden, kommt es zu Sauerstoffmangel. Jetzt treten anaerobe Abbauprozesse in den Vordergrund, die normalerweise in tieferen Bodenschichten stattfinden. Mikroorganismen beziehen nun den benötigten Sauerstoff aus den Sulfat-Ionen ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) des Porenwassers. Dabei wird Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ) gebildet, der sich mit Eisenionen, die reichlich im Porenwasser und im Sediment vorkommen, zu kolloidalem Eisensulfid ( $\text{FeS}$ ) verbindet. Der Boden färbt sich dadurch schwarz. Freier Schwefelwasserstoff ist eine giftige Substanz; man erkennt sie am Geruch nach fauligen Eiern. Schwarze Flecken entstehen also, wenn sich im normalerweise sauerstoffhaltigen Oberflächensediment sauerstofffreie Zonen bilden.

### Schwarze Flächen im Jahr 1996

Den ausgedehnten schwarzen Flächen des Jahres 1996 lag ein komplexes Wirkungsgefüge zugrunde. Verschiedene Faktoren traten zu Jahresbeginn gemeinsam auf und verstärkten

sich (Höpner in UBA, 1996). In dem kalten und langen Winter 1995/96 waren aufgrund ablandiger Winde die Wasserstände im Wattenmeer sehr niedrig. Eisbedeckung und Frost führte auf den Wattflächen zum Tod vieler Bodentiere. Damit kam es zum Verlust an Bodenbewohnern, die das Sediment durchwühlen und für eine Belüftung des Porenwassers mit Sauerstoff sorgen. Das Frühjahr blieb kalt, so dass die abgestorbenen Organismen im Sediment nur langsam zersetzt wurden. Erst im Mai setzte mit der raschen Erwärmung der Abbau der großen Mengen toter Biomasse ein und verbrauchte dabei den gesamten Sauerstoff des Porenwassers.

Im kühlen Frühjahr hatte vor der ostfriesischen Küste zudem eine explosionsartige Vermehrung der kälteliebenden Kieselalge *Coscinodiscus concinnus* stattgefunden (siehe Kapitel Nordsee/Phytoplankton). Diese Art produziert im Zellplasma Öltröpfchen, die nach dem Absterben der Algen freigesetzt werden. Beim Absterben der *Coscinodiscus*-Blüte kam es dann zur großflächigen Ausbildung eines weißen Fettfilms auf der Wasseroberfläche. Die Masse dieses Films wurde auf mehrere tausend Tonnen abgeschätzt. Das Fett war außerdem in Form von Emulsionen bzw. Dispersionen innerhalb der Wassersäule verteilt. Eine der Folgen war, dass die natürliche Schutzschicht im Gefieder tauchender Seevögel durch die Abbauprodukte des Algenfettes zerstört wurde, worauf die Tiere unterkühlten oder ertranken.

Mit starken nordwestlichen Winden gelangte das Fett großflächig auf das niedersächsische Watt. Dort erhöhte es die Menge der bereits reichlich vorhandenen organischer Substanz. Zusätzlich behinderte die Fettschicht den Sauerstoffaustausch zwischen Boden und Atmosphäre bzw. dem Meerwasser, so dass im Oberflächensediment des Watt Sauerstoffmangel entstand. In weiten Gebieten bildeten sich schwarze Flächen mit giftigem Schwefelwasserstoff. Dies verursachte ein zusätzliches Absterben von Kleinlebewesen, die wichtige

Funktionen als Verbraucher von Biomasse und bei der Belüftung des Bodens wahrnehmen. Es entstand somit ein sich selbst verstärkender Kreislauf von Zersetzung, Sauerstoffverbrauch, Absterben und erneuter Zersetzung (Höpner und Meurs, 1996).

Ab Anfang Juli wühlte kräftiger Nordwestwind das Wattsediment auf und versorgte es dabei mit frischem Sauerstoff. Auf einigen der schwarzen Flächen bildeten sich dünne, hellbraun gefärbte Schichten, die wieder Sauerstoff enthielten. Andere schwarze Flächen erholten sich nicht so schnell und nahmen eine graue Färbung an. Im Oktober waren kaum noch schwarze Bereiche zu erkennen. Die betroffenen Areale wurden in der Folgezeit verhältnismäßig schnell wieder besiedelt. (Eine detaillierte chronologische Darstellung der Ereignisse und der begleitenden Überwachung und Forschung findet sich in den Verkehrsnachrichten des BMV (1997).)

### Ursachen

Eine Gewichtung der verschiedenen, für 1996 beschriebenen Faktoren kann nicht vorgenommen werden, zu vielfältig erscheint ihr

Wechselspiel. Im niederländischen Wattenmeer kam es 1964 nach einem strengen und langen Winter ebenfalls zu einer mächtigen *Coscinodiscus*-Blüte, die zu schwarzen und übelriechende Flächen geführt hatte. Ein weiteres Ereignis ist für das Borkumer Watt im Jahr 1975 dokumentiert (NLÖ, 1998).

Die Schäden des Wattbodens im Jahr 1996 haben eine natürliche Ursache. Nach Höpner und Meurs (1996) ist jedoch eine anthropogene Vorschädigung des Watts nicht unerheblich an den Problemen im Jahr 1996 beteiligt. Über Jahrzehnte hinweg ist die natürliche Produktivität des Wattenmeeres durch Zufuhr von Nährstoffen bzw. organischem Material übermäßig gesteigert worden. Schadstoffe wurden in das System eingetragen. Lebensgemeinschaften änderten sich. Im niederländischen Watt verschwanden beispielsweise die wichtigen, filtrierenden Miesmuscheln durch Befischung. Vor der niedersächsischen Küste nahmen ihre Bestände seit Mitte der achtziger Jahre ab (Michaelis und Reise, 1994) und erreichten 1996 ihren bisherigen Tiefststand (NLÖ/Michaelis, pers. Mitteilung).

## 2 Ozeanographische Situation

Mursys, Jahresbericht 1994, BSH, Hamburg

Mursys, Jahresbericht 1995, BSH, Hamburg

Mursys, Jahresbericht 1996, BSH, Hamburg

## 3 Untersuchungen zur Eutrophierung

### 32 Phytoplankton-Untersuchungen

Elbrächter, M., Rahmel, J. und M. Hanslik (1994): *Phaeocystis* im Wattenmeer. IN: Lozan et al. (Hrsg.), Warnsignale aus dem Wattenmeer. Blackwell-Wiss.-Verl., Berlin.

Forschungsstelle Küste (1995): Untersuchungen zur Überwachung der niedersächsischen Küstengewässer. I. Routineuntersuchungen 1994.- Dienstber. Forschungsstelle Küste 26/1995, Norderney, 97S.

Forschungsstelle Küste (1996): Untersuchungen zur Überwachung der niedersächsischen Küstengewässer. I. Routineuntersuchungen 1995.- Dienstber. Forschungsstelle Küste 11/1996, Norderney, 77S.

Forschungsstelle Küste (1998): Untersuchungen zur Überwachung der niedersächsischen Küstengewässer. I. Routineuntersuchungen 1996.- Dienstber. Forschungsstelle Küste 1/1998, Norderney, 87S.

Hagmeier, E. und E. Bauerfeind (1990): Phytoplankton. IN: Lozan et al. (Hrsg.), Warnsignale aus der Nordsee. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

Rademaker et al. (1998): *Fibrocapsa japonica* and *Heterosigma akashiwo* : new observations. Harmful Algae News No 17, S. 8-10.

### 33 Makrozoobenthos-Untersuchungen

Forschungsstelle Küste (1995): Untersuchungen zur Überwachung der niedersächsischen Küstengewässer.-I. Routineuntersuchungen 1994.- Dienstber. Forschungsstelle Küste 26/1995, Norderney, 97S.

Forschungsstelle Küste (1996): Untersuchungen zur Überwachung der niedersächsischen Küstengewässer.-I. Routineuntersuchungen 1995.- Dienstber. Forschungsstelle Küste 11/1996, Norderney, 77S.

Forschungsstelle Küste (1998): Untersuchungen zur Überwachung der niedersächsischen Küstengewässer.-I. Routineuntersuchungen 1996.- Dienstber. Forschungsstelle Küste 1/1998, Norderney, 87S.

Nehring, S. und H. Leuchs (1996): BfG-Ästuarmonitoring in Ems, Jade, Weser, Elbe - Makrozoobenthos 1995. Bericht-Nr. BfG-1040. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

Nehring, S. und H. Leuchs (1997): BfG-Ästuarmonitoring in Ems, Jade, Weser, Elbe, Eider - Makrozoobenthos 1996. Bericht-Nr. BfG-1113. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

## 4 Belastung mit Spurenmetalle

### 42 Organismen-Untersuchungen

Bening, J. (1986): Aufwuchsuntersuchungen an im Wasserbau verwendeten Materialien : Pflanzliche Primärbesiedlung unter Bezug auf chemische Substrateigenschaften. Diplomarbeit im Fachbereich Biologie, Universität Hamburg.

Förstner, U. und L. Karbe (1984): Umweltverträglichkeit von Eisensilikatschlack bei der Verwendung im Wasserbau. Gutachten im Auftrage der Hamburger Wirtschaftsbehörde / Amt für Strom- und Hafenbau und ergänzende Befundberichte.

Forschungsstelle Küste (1995): Überwachung der niedersächsischen Küstengewässer. I.Routineuntersuchungen 1994. Dienstbericht Forschungsstelle Küste 26/1995, Norderney 97S.

Forschungsstelle Küste (1996): Überwachung der niedersächsischen Küstengewässer. I.Routineuntersuchungen 1995. Dienstbericht Forschungsstelle Küste 11/1996, Norderney 77S.

Forschungsstelle Küste (1998): Überwachung der niedersächsischen Küstengewässer. I.Routineuntersuchungen 1996. Dienstbericht Forschungsstelle Küste 1/1998, Norderney 87S.

Karbe, L. et al. (1996): Belastung von Miesmuscheln der niedersächsischen Küstengewässer mit Schwermetallen und persistenten chlororganischen Problemstoffen. Dienstbericht Forschungsstelle Küste 2/1996. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie / Forschungsstelle Küste, Norderney.

### Nordseefische

NSTF (North Sea Task Force), 1993: North Sea Quality Status Report. Oslo and Paris Commissions, London.

OSPARCOM, 1994: Guidelines for the Sampling and Analysis of Organisms and the Reporting of Results under the Joint Monitoring Programme. In: Principles and Methodology of the Joint Monitoring Programme; Monitoring Manual. Oslo and Paris Commissions, Issue July 1994.

OSPARCOM, 1997: JAMP Guidelines for Monitoring Contaminants in Biota. In: Principles and Methodology of the Joint Monitoring Programme; Monitoring Manual. Oslo and Paris Commissions, Issue 9/6/1997.

OSPAR/ICES, 1996: Report on the OSPAR/ICES Workshop on the overall evaluation and update of Background/Reference concentrations of nutrients and contaminants in sea water, biota and sediments, 22-25 October, 1996, Hamburg, 60pp.

### Vogeleier

Becker, P.H. (1999): Spatial and temporal distribution of contaminants in seabird eggs. In: Quality Status Report of the North Sea – Subregion 10: The Wadden Sea: in press.

Becker, P.H., B. Conrad & H. Sperveslage (1989): Chlororganische Verbindungen und Schwermetalle in weiblichen Silbermöwen (*Larus argentatus*) und ihren Eiern mit bekannter Legefolge. Vogelwarte 35: 1-10.

Becker, P.H., D. Henning & R.W. Furness (1994): Differences in mercury contamination and elimination during feather development in gull and tern broods. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 27: 162-167.

Becker, P.H., S. Schuhmann & C. Koepff (1993): Hatching failure in Common Terns (*Sterna hirundo*) in relation to environmental chemicals. Environ. Pollut. 79: 207-213.

Becker, P.H., W. Ternes & H.A. Rüssel (1985): Schadstoffe in Gelegen von Brutvögeln der deutschen Nordseeküste. II. Quecksilber. J. Ornithol. 126: 253-262.

Braune, B.M., & D.E. Gaskin (1987): A mercury budget for the Bonaparte's Gull during autumn moult. Ornith. Scand. 18: 244-250.

Haarich, M. (1994): Schwermetalle im Wasser und Sediment. In: J.L. Lozán, E. Rachor, K. Reise, von Westernhagen, H. & W. Lenz (Hrsg.): Warnsignale aus dem Wattenmeer: 30-34.

Haarich, M. (1996): Schadstoff-Frachten durch die Flüsse. In: J.L.Lozán & H. Kausch (Hrsg.): Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren: 144-148.

Kluge, T., & A. Vack (1996): Industrielle Abwässer: Verbesserung der Abwasserbehandlung. In: J.L.Lozán & H. Kausch (Hrsg.): Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren: 314-318.

OSPAR (1996): Oslo and Paris Conventions for the Prevention of Marine Pollution. Ad hoc Working Group on Monitoring (MON), Stockholm 4-8 November 1996. Summary Record of the meeting of MON 1996.

Scheuhammer, A.M. (1987): The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury, and lead in birds: a review. Environ. Pollut. 46: 263-295.

Schlünzen, K.H. (1994): Atmosphärische Einträge von Nähr- und Schadstoffen. In: J.L. Lozán, E. Rachor, K. Reise, H. v. Westernhagen & W. Lenz (Hrsg.): Warnsignale aus dem Wattenmeer: 45-48.

Sommer, U., K.R. Schmieder & P.H. Becker (1997): Untersuchung von Seevogeleiern auf chlorierte Pestizide, PCBs und Quecksilber. Bioforum 3/97: 68-72.

## 43 Sediment-Untersuchungen

Forschungsstelle Küste (1995): Untersuchungen zur Überwachung der niedersächsischen Küstengewässer.-I. Routineuntersuchungen 1994.- Dienstber. Forschungsstelle Küste 26/1995, Norderney, 97S.

## 5 Belastung mit organischen Schadstoffen

### 51 Wasser-Untersuchungen

Theobald N., H. Gaul und U. Ziebarth, Dt. Hydrogr. Z, Suppl. 6,81 (1996): Verteilung von organischen Schadstoffen in der Nordsee und angrenzenden Seegebieten.

### 52 Organismen-Untersuchungen

#### Miesmuscheln

Karbe, L. et al. (1996): Belastung von Miesmuscheln der niedersächsischen Küstengewässer mit Schwermetallen und persistenten chlororganischen Problemstoffen. Dienstbericht Forschungsstelle Küste 2/1996. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie / Forschungsstelle Küste, Norderney.

#### Vogeleier

Becker, P.H. (1989): Seabirds as monitor organisms of contaminants along the German North Sea coast. Helgoländer Meeresunter. 43: 395-403.

Becker, P.H. (1999): Spatial and temporal distribution of contaminants in seabird eggs. In: Quality Status Report of the North Sea – Subregion 10: The Wadden Sea: in press.

Becker, P.H., A. Büthe & W. Heidmann (1985): Schadstoffe in Gelegen von Brutvögeln der deutschen Nordseeküste. I. Chlororganische Verbindungen. J. Ornithol. 126: 29-51.

Becker, P.H., D. Frank & U. Walter (1987): Geographische und jährliche Variation der Ernährung der Flussseseschwalbe (*Sterna hirundo*) an der Nordseeküste. J. Ornithol. 128: 457-475.

Becker, P.H., C. Koepff, W.A. Heidmann & A. Büthe (1991): Schadstoffmonitoring mit Seevögeln. Forschungsbericht UBA-FB 91-081, TEXTE 2/92, Umweltbundesamt, Berlin: 260 p.

Becker, P.H., S. Schuhmann & C. Koepff (1993): Hatching failure in Common Terns (*Sterna hirundo*) in relation to environmental chemicals. Environ. Pollut. 79: 207-213.

Becker, P.H., S. Thyen, S. Mickstein, U. Sommer & K.R. Schmieder (1998): Monitoring pollutants in coastal bird eggs in the Wadden Sea. Wadden Sea Ecosystem No. 8, CWSS und TMAG, Wilhelmshaven: 59-101

Bosveld, A.T.C., J. Gradener, A.J. Murk, A. Brouwer, M. van Kampen, E.H.G. Evers & M. van den Berg (1995): Effects of PCDDs, PCDFs and PCBs in Common Tern (*Sterna hirundo*) breeding in estuarine and coastal colonies in the Netherlands and Belgium. Environm. Toxicol. Chem. 14: 99-116.

Fox, G.A. (1976): Eggshell quality: its ecological and physiological significance in a DDE-contaminated Common Tern population. Wilson Bull. 88: 459-477.

Frank, D. (1992): The influence of feeding conditions on food provisioning of chicks in Common Terns *Sterna hirundo* nesting in the German Wadden Sea. Ardea 80: 45-55.

Gilbertson, M., J.E. Elliott & D.B. Peakall (1987): Seabirds as indicators of marine pollution. In: A.W. Diamond & F.L. Fillion (eds.): The value of birds. ICBP Technical Publication 6: 231-248.

Goss-Custard, J.D. (ed., 1996): The Oystercatcher. Oxford, New York, Tokyo.

Haarich, M. (1996): Schadstoff-Frachten durch die Flüsse. In: J.L. Lozán & H. Kausch (Hrsg.): Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren: 144-148.

Mattig, F.R., U. Ballin, H. Bietz, K. Gießing, R. Kruse & P.H. Becker (1997): Organochlorines and heavy metals in benthic invertebrates and fish from the back barrier of Spiekeroog. Arch. Fish. Mar. Res. 45: 113-133.

Muñoz Cifuentes, J., & P.H. Becker (1998): Eier der Flussseseschwalbe (*Sterna hirundo*) als Indikator für die aktuelle Belastung von Rhein, Weser und Elbe mit Umweltchemikalien. UWSF- Z. Umweltchem. Ökotox. 10: 15-21.

OSPAR (1996): Oslo and Paris Conventions for the Prevention of Marine Pollution. Ad hoc Working Group on Monitoring (MON), Stockholm 4-8 November 1996. Summary Record of the meeting of MON 1996.

Reincke, H. (1992): Die Entwicklung der Belastungssituation der Elbe. Wasser und Boden 10: 648-653.

Sommer, U., K.R. Schmieder & P.H. Becker (1997): Untersuchung von Seevogeleiern auf chlorierte Pestizide, PCBs und Quecksilber. Bioforum 3/97: 68-72.

Wendeln, H., & P.H. Becker (1996): Body mass change in breeding Common Terns (*Sterna hirundo*). Bird Study 43: 85-95.

## 6 Fischkrankheiten

Anonymous 1989: Methodology of fish disease surveys. Report of an ICES Sea-going Workshop held on RV U/F 'Argos' 16-23 April 1988. ICES Cooperative Research Report, 166, 33 pp.

Bucke, D., Vethaak, A.D., Lang, T., and Møllgaard, S. (1996): Common diseases and parasites of fish in the North Atlantic: Training guide for identification. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences, 19, 27 pp.

## 7 See- und Küstenvögel Helgoland

Hüppop, O. (1997): Langzeit-Veränderungen der Brutbestände Helgoländer See- und Küstenvögel. In: Seevögel : Zeitschrift Verein Jordsand ; Bd. 18 (Heft 2), S. 38 - 44.

Hüppop, O. und J. Geiß (1995): Fischerei bestimmt Großmöwenbestände auf der Insel Helgoland. In: Jber. Institut Vogelforschung 2 (1995), S. 21

Poot, M. et al. (1996): Migratory Waterbirds in the Wadden Sea 1993/94. Wadden Sea Ecosystem No. 5. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.

Südbeck, P. und B. Hälterlein (1997): Brutvogelbestände an der deutschen Nordseeküste im Jahre 1995. Seevögel : Zeitschrift Verein Jordsand 18, S. 11 – 19

## 8 Sauerstoffmangel

BMV / Bundesministerium für Verkehr (1997): Aufklärung einer großräumigen "Verschmutzung" in der Deutschen Bucht. Verkehrsnachrichten 3/1997, S. 10 – 12

Höpner, Th. und H. Michaelis (1994): Sogenannte "schwarze Flecken" - ein Eutrophierungssymptom des Wattenmeeres. IN: Lozan et al. (Hrsg.), Warnsignale aus dem Wattenmeer. Blackwell-Wiss.-Verl., Berlin.

Höpner, Th. und G. Meurs (1996): Von Schwarzen Flecken und Schwarzen Flächen. Einblicke Nr. 12 (24. Jg), S. 4 - 8. Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.

Michaelis, H. und K. Reise (1994): Langfristige Veränderungen des Zoobenthos im Wattenmeer. In: Lozan et al. (Hrsg.), Warnsignale aus dem Wattenmeer. Blackwell-Wiss.-Verl., Berlin.

Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (1998): Forschungsstelle Küste : Überwachung niedersächsischer Küstengewässer ; Jahresbericht 1996. Dienstberichte Forschungsstelle Küste 1/1998.

Oeschger (1997): Schwarze Flecken im Wattenmeer. Naturwissenschaftliche Rundschau 2/1997 (50. Jg.), S. 53 – 56

Umweltbundesamt (1996): Schwarze Flecken im Wattenmeer : Ursachen, Wirkungen, ökologische Folgen; Fachkolloquium 12.7.96 in Berlin. UBA-Texte 64/96, Berlin.

