

Probleme der Muschelfischerei in Holland

*Norbert Dankers
IBN-DLO, Texel (Niederlande)*

Einleitung

Küstengewässer und Ästuarere erfüllen viele Funktionen und werden seit Jahrhunderten von Menschen genutzt. In weiten Teilen der Erde ist ein Überleben der lokalen Bevölkerung ohne eine langanhaltende Nutzung dieser Gebiete nicht vorstellbar. Und überall sind Küstengebiete aus verschiedensten Gründen wichtig (GROOT 1992). Zum Beispiel sind sie Aufwuchsgebiete für Fische, sie fungieren als Schifffahrtsrouten, als Erholungsgebiete, sie ernähren viele Vögel, sie dienen als Empfänger für Abfälle, zum Beispiel Klärschlämme, und unterstützen sowohl die kommerzielle als auch die Freizeitfischerei. Während der letzten Jahrzehnte verschob sich der wirtschaftliche Wert der Ästuarere und der fischereilichen Produktion zu einer Reihe von anderen Nutzungen, unter denen die Freizeitindustrie an Bedeutung zugenommen hat. Der größte Teil der für den Menschen nützlichen Funktionen von Ästuarere basiert auf natürlichen Werten. Es ist daher unabdingbar, den natürlichen Zustand von Ästuarere beizubehalten. Wenn es einem Benutzer gestattet wird, schwerwiegend in das System einzugreifen, können auf diese Weise Optionen für andere und künftige Nutzungen beeinträchtigt werden. Blickt man auf die Veränderungen der letzten Jahrzehnte zurück, könnte man schlußfolgern, daß es schwierig ist vorauszusagen, welche Wichtigkeit wir den verschiedenen Nutzungsarten von Ästuarere in 20 oder mehr Jahren geben werden. Es ist daher essentiell, nicht auf die Maximierung bestimmter Funktionen, sondern auf die Optimierung einer großen Zahl von Funktionen zu zielen.

An den europäischen Küsten wird auf sehr verschiedene Art die Kultur oder der Fang von Muscheln durchgeführt. Muschelkulturen hängen an Seilen, oder man benutzt Flöße, Pfähle oder die Bodenkultur. Des weiteren gibt es eine Fischerei auf natürlichen Muschelbänken. Diese dient im wesentlichen dem Fang von Brut für Muschelkulturen, aber es werden auch konsumfähige Muscheln auf diese Weise erbeutet. Die Fischerei findet sowohl in

flachfallenden als auch in nicht flachfallenden Tidegewässern statt. Austern werden in Bodenkulturen oder auf Gestellen in einer Höhe von 50 Zentimetern über dem Boden gemästet. Herzmuscheln werden nicht angebaut, aber in britischen und holländischen Tidegewässern gibt es extensive Fischereien auf diese Muscheln.

Der Einfluß auf natürliche Ökosysteme hängt von der Praxis der Muschelkultur oder Muschelfischerei ab. Im nachfolgenden Papier werde ich mich auf die Fischerei und die Kultur von Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) beschränken.

Der Biotop der Muschelbetten

Muschellarven siedeln gewöhnlich auf hartem Substrat oder hervorstehenden Strukturen an (BLOK und GEELEN 1958; MAAS-GEESTERANUS 1942). Muschellarven haben eine größere Überlebenschance, wenn sie sich zwischen alten Muscheln ansiedeln (MCGRORTY et al. 1990). Nur in Jahren mit ungewöhnlich gutem Brutfall wird sich Muschelbrut auf anderen Substraten in Tidegewässern ansiedeln, unter anderem auch auf nacktem Sand (BEUKEMA 1982; DARE 1976). Das wurde zum Beispiel im holländischen Wattenmeer 1987 und 1994 beobachtet. Nach dem Brutfall und der Entwicklung einer Muschelbank produzieren die Muscheln große Mengen von Faeces und Pseudofaeces, die sich unter den Muschelbänken ansammeln. Wenn Muschelbänke aus diesen Gründen über die sie umgebende Höhe hinauswachsen, werden sie sehr anfällig gegen Sturmschäden, wie zum Beispiel nach den heftigen Frühjahrsstürmen von 1995 beobachtet. Nur Muschelbänke, die sich langsam über viele Jahre oder Jahrzehnte entwickelt haben, sind stabil genug. Diese gründen auch Pseudofaeces, der durch leere Muschelschalen und Sand verdichtet wird. Da Larven existierende Muschelbänke für ihre Festheftung bevorzugen, gibt es auf Muschelbänken häufig unterschiedliche Altersgruppen, wodurch die Überlebensfähigkeit von Muschelbänken verstärkt wird (MCGRORTY et al. 1990).

Regulierungen der Muschelfischerei

Richtlinien für das Management des holländischen Wattenmeeres sind in einem Plan, PKB genannt, niedergelegt. Das Wattenmeer wird als wichtiges Naturgebiet eingestuft, in dem die natürliche Entwicklung Vorrang haben soll.

Andere Nutzer werden zugelassen, wenn ihr Einfluß dem Hauptziel des PKB nicht entgegenläuft. In dem PKB wird besonders auf die Erhaltung und die Wiederherstellung alter Miesmuschel- und Herzmuschelbänke abgezielt. Die Wiederherstellung von Muschelbänken ist auch eines der ökologischen Ziele, auf die sich die Minister der drei Wattenmeer-Staaten geeinigt haben. Das beinahe komplette Verschwinden von flachfallenden Muschelbänken ist eines der größten ökologischen Desaster der letzten 25 Jahre und daher auch die wesentliche Veranlassung für gegenwärtige Schutzmaßnahmen.

In den Richtlinien des PKB gibt es Management-Hinweise für die Struktur der See- und Küstenfischerei. Es ist das Ziel der holländischen Fischereipolitik, den Einfluß von Fischerei so klein wie möglich zu halten. In erster Linie sollen Fischereiaktivitäten mit den Zielen des Naturschutzes vereinbar sein. Nur wenn das nicht zu einer Verhinderung unerwünschter Effekte führt, muß zu dem Mittel der räumlichen Trennung von Funktionen gegriffen werden. Das bedeutet, daß Gebiete für die Fischerei geschlossen werden können.

Um sicherzugehen, daß in bestimmten Gebieten eine ungestörte Entwicklung stattfindet, und um Vergleiche der Entwicklung mit Gebieten zu ermöglichen, in denen die Fischerei erlaubt ist, sind gegenwärtig 25 Prozent der Wattgebiete für die Fischerei geschlossen. Die Fischerei wird weiter eingeschränkt, wenn weniger als 60 Prozent der Muscheln fressenden Vögel, wie Eiderente und Austernfischer, vorhanden sind.

Die holländische Fischereipolitik gibt den Fischern die Verantwortung für die Integration von Fischereiaktivitäten in Naturschutzziele und für das Management von Fischbeständen. Zum Beispiel wurden Fischer aufgefordert, einen Managementplan für die Muschelfischerei aufzustellen. 1997 wird diese Vorgehensweise beurteilt und wenn nötig angepaßt. Das Ziel eines Managementplans ist die Einbindung der Fischerei, so daß sie alle für das Wattenmeer typischen Arten und ökologischen Funktionen langfristig nicht schädigt. Das ist so im PKB niedergelegt.

Das zweite Ziel beinhaltet die nachhaltige Möglichkeit der Befischung natürlicher Bestände. Dieser Managementplan ist seit 1994 in Kraft. Die Vorteile für die Muscheln lagen klar auf der Hand. Jeder Fischer wußte, wieviel Muschelbrut für ihn zur Verfügung steht, und er konnte ohne Konkurrenz fischen. Hieraus resultierte ein erheblich besseres Überleben der Fänge als vorher, und das Verhältnis zwischen ausgebrachten Muscheln und

der Menge, die bis zur Marktreife heranwachsen konnte, ist beträchtlich angestiegen. Nach einigen Anfangsschwierigkeiten (KEUS 1994) gab es Probleme mit Fischern, die diese Managementübereinkunft nicht unterschrieben haben und mit Fischern, die Muscheln von Hand einsammelten und nicht auf der Basis der Fischereiregulierungen daran gehindert werden konnten. Eine Fischerei auf den Watten wurde nur im Herbst 1994 durchgeführt. Nach den Frühjahrsstürmen des Jahres 1995 wurde die Fischerei auf den Watten auf der Basis der 60 Prozent-Regulierung gestoppt.

Kultur und Fischerei von Miesmuscheln

Die Kultur von Miesmuscheln wird ausschließlich in nicht trockenfallenden Teilen des Wattenmeeres durchgeführt. Im westlichen Teil des Wattenmeeres sind 7000 solcher Kulturplätze durch Baken gekennzeichnet. Innerhalb dieses Gebietes sind ca. 3000 Hektar für Muschelkulturen geeignet.

Muschelsaat (1 - 2,5 Zentimeter) wird von natürlichen Bänken, auf dem Brutfall vorkommt, gefischt. Der größere Teil der Brutfischerei findet in nicht trockenfallenden Watten statt. Ein kleiner Teil wird auf trockenfallenden Watten gefangen. Wenn Muschelbrut zu halbwüchsigen Muscheln herangewachsen ist, sind diese bei den Fischern besonders begehrt.

In jedem Frühjahr und wenn nötig auch im Herbst eines jeden Jahres wird eine Bestandsaufnahme der natürlichen Muschelbestände sowohl trockenfallend als auch nicht trockenfallend vorgenommen. Wenn dabei festgestellt wird, daß im flachfallenden Bereich weniger als 60 Prozent der von Eiderenten und Austernfischern benötigten Menge vorhanden ist, wird es keine Fischerei im trockenfallenden Bereich geben.

Zum Schutz wichtiger ökologischer Werte wird die Fischerei auf Seegrasbänken untersagt. Auch ältere Muschelbänke werden geschützt. Auf der Basis einer Karte aus den späten 70ern, als es noch mehr als 80 Muschelbänke gab, wurden fünf Bänke ausgewählt, die einen besonderen Schutzstatus hatten. Auf diesen soll nicht gefischt werden, wenn es andere Bänke gibt. Alle anderen Bänke sind für die Fischerei offen, aber man will zunächst Bänke befischen, die als instabil gelten. Die im Frühjahr und im Herbst zu fischenden Mengen werden von den Fischern selbst festgesetzt. Nach Festlegung der Gesamtmenge werden individuelle Quoten

ausgehandelt. Man hofft, auf diese Weise Überfischungsprobleme und hohe Sterblichkeiten, wie sie in den 80er Jahren auftraten, zu verhindern. Fischer, die diesen Managementplan nicht unterschreiben, sollen stärkeren Restriktionen bei der Vergabe von Lizenzen durch die Regierung unterliegen.

Einfluß der Muschelfischerei auf das Ökosystem im Wattenmeer

Ursprünglich wurden Muscheln von natürlichen flachfallenden Muschelbänken geerntet. Der größte Teil der Fischerei und des Handels basierte auf Muscheln des holländischen Teils des Wattenmeeres. Schon 1880 wurden 13 000 Tonnen nach England exportiert. 1917 stiegen wegen des allgemeinen Nahrungsmangels die Anlandungen auf 40 000 Tonnen an. Der absolute Rekord von 124 000 Tonnen wurde 1918 erreicht. Dabei wurde der größte Teil dieser Ernte als Dünger verwendet, da der Handel mit Kali während des Krieges zusammengebrochen war. Bis 1950 wurden Muscheln von flachfallenden Bänken hauptsächlich als Futter für Entenzuchten gefangen. Muscheln für den menschlichen Verzehr wurden in der Deltaregion der südlichen Niederlande gezüchtet. Ab 1949 entwickelten sich Muschelkulturen im Wattenmeer.

Seit den 50er Jahren wird Muschelkultur im holländischen Wattenmeer und in Niedersachsen und Schleswig-Holstein durchgeführt. Diese Kulturen haben einen Einfluß auf natürliche Ökosysteme, aber man geht davon aus, daß diese akzeptabel sind. Saatmuscheln werden von Wildbänken geerntet, sowohl im trockenfallenden als auch im nicht trockenfallenden Bereich. Nicht trockenfallende Muschelbänke können sehr alt werden (MCGRORTY et al. 1990; DANKERS und KOELEMALJ 1989; OBERT und MICHAELIS 1991), und sie können stabile, komplexe Gemeinschaften einer Reihe von Jahrgängen und der dazugehörigen Flora und Fauna bilden (ASMUS 1987; DITTMAN 1990). Alte Muschelbänke verschwinden langsam wegen Überalterung durch Räuber, Stürme, Eisgang oder durch den Einfluß des Menschen (OBERT und MICHAELIS 1991). Neuer Brutfall auf oder in der Nähe dieser Bänke führt zu einer dauernden Verjüngung der Muscheln und der Begleitfauna und -flora.

Wegen des verstärkten Fischereidruckes auf diese juvenilen Muscheln konnten sich alte Muschelbänke nicht erneuern. Nachdem seit 1988 der Brutfall ausblieb und die verbleibenden adulten Muscheln entnommen wurden, sind flachfallende Muschelbänke praktisch aus dem holländischen Wattenmeer verschwunden. 1994 konnte in einigen Bereichen ein guter

Brutfall beobachtet werden, aber der größere Teil dieser Bänke verschwand im Laufe der Frühjahrsstürme 1995.

Am auffälligsten ist der Einfluß der Muschelfischerei durch die Beeinflussung der Muschelbänke. Wird zum Beispiel eine instabile, nicht trockenfallende Bank beseitigt, geht man nicht davon aus, daß der Schaden für das Ökosystem schwer ist. Man geht hier davon aus, daß - wären die Muscheln nicht weggefischt worden - sie auf instabilen Bänken ohnehin keine lange Lebenschance hätten. Da Muscheln auf den Kulturplätzen ausgebreitet und hier zum Beispiel Krebse und Seesterne bekämpft werden, hat die Gesamtbiomasse von Muscheln in bestimmten Gebieten möglicherweise zugenommen. Einige Muschelzüchter bevorzugen Saat von nicht trockenfallenden Gebieten. Muscheln dieser Gebiete haben erheblich dickere Schalen als nicht trockenfallende (CADÉE 1990; DANKERS et al. in MS). Das Fischen auf nicht stabilen, flachfallenden Bänken führt zu einem Verschwinden oder zu einem Rückgang dieser Vorkommen. Kleine Muscheln dienen einer Reihe von Vogelarten als Nahrung und diejenigen, die größer als 2 bis 3 Zentimeter sind, werden von Austernfischern und Eiderenten gefressen. Eiderenten fressen aber auch Muscheln von nicht trockenfallenden Kulturen. In einigen Gebieten des Wattenmeeres setzt sich Muschelbrut auf den Blättern von Seegras fest. Bildet sich eine solche Bank weiter, verschwindet sie häufig aus natürlichen Gründen hauptsächlich durch Wegfraß oder durch Stürme. Das umgebende Seegras breitet sich dann wieder aus und bietet so neue Möglichkeiten für die Festsetzung von Muschelbrut. Werden diese Muschelbänke abgefischt, wird das Seegras zwischen den Muschelhaufen ebenfalls zerstört. Das kann schließlich zu einem Verlust der Vielfalt in Ökosystemen führen.

Der schwerwiegendste ökologische Effekt der Überfischung ist in der Zerstörung stabiler, ausgewachsener Muschelbänke zu sehen. In Dänemark zum Beispiel werden diese abgefischt, wenn Muscheln bestimmter Größe vorhanden sind, auch wenn die Preise für diese Muschel ein Drittel unter denjenigen für Kulturmuscheln liegen. In Holland und Deutschland wurden solche Bänke abgeerntet, wenn es kaum Muscheln auf den Kulturflächen gab. Diese Fischerei in Verbindung mit der natürlichen Mortalität sorgte 1990 und 1991 für ein Verschwinden erwachsener Bänke in den Niederlanden. Die Degeneration erwachsener Bänke ist ein natürliches Phänomen, aber normalerweise werden sie durch neuen Brutfall erhalten. Zwischen der Mitte der 80er und 1989 wurde der größte Teil der Brut abgeerntet, und so konnten

sich keine neuen erwachsenen Muschelbänke entwickeln. Danach blieb der Brutfall, mit Ausnahme des Jahres 1994, aus. Auch 1996 gab es einigen Brutfall, aber der schwere Winter von 1997 hatte einen großen Einfluß auf die sich entwickelnden Bänke. Die gegenwärtige Situation ist ernst, weil es an adäquaten Substraten für eine Ansiedlung von erwachsenen Muschelbänken fehlt. Unter der Ansiedlung von Muscheln entstehen riesige Mengen von Pseudofaeces. Wenn sich diese zu schnell anreichern, wächst eine Muschelbank in die Höhe und wird sehr empfindlich gegen Sturm oder Eisschäden. Häufig erreichen diese Bänke kein hohes Alter. Wenn hingegen eine Bank sich sehr langsam entwickelt, zum Beispiel bei hohem Fraßdruck auf der Bank, der für viele leere Schalen sorgt, können nach mehreren Jahren mäßigen, aber stabilen Brutfalls Muschelbänke altern. Solche Bänke können für Jahre überleben, wenngleich die Lebensdauer von Individuen kürzer ist. Die Stabilität der Populationen auf einer Muschelbank entsteht durch die Larven, die sich auf den offenen Plätzen ansiedeln und innerhalb der Klumpen älterer Muscheln hohe Überlebenschancen haben (MCGRORTY et al. 1990).

Man kann daher schlußfolgern, daß Muschelbänke unter natürlichen Umständen ihr Überleben selbst regulieren. DANKERS (1993) spricht daher von einem sich langsam fortpflanzenden „Superorganismus“ mit einer sehr niedrigen Sterblichkeitsrate. Fauna und Flora auf diesen älteren Bänken bilden eine ähnliche Biozönose wie sie MÖBIUS (1877) für Austernbänke in Schleswig-Holstein beschrieben hat. Auch nach Beschädigung durch Eis blieben häufig genügend Fragmente der Muschelbänke für Neuansiedlungen zurück. Nach mehr als 25 Jahren auf den Watten von Balgzand hat J.J. Beukema (pers. Mitt.) nur einmal die Entwicklung einer neuen erwachsenen Muschelbank beobachtet. Auch MCGRORTY und GOSS-CUSTARD (1991) erwähnen keinen Fall der Entwicklung neuer erwachsener Muschelbänke während ihrer siebenjährigen Untersuchung der Populationsdynamik auf Muschelbänken im Exe-Ästuar.

Es ist klar, daß die Entwicklung erwachsener Muschelbänke ein seltener Vorgang ist. Wie bei anderen Organismen mit niedriger Reproduktionsrate ist es von extremer Bedeutung, daß die Mortalität niedrig gehalten wird. CROXALL et al. (1990) zeigten, daß bei nur geringer Zunahme der Fischerei durchwandernde Albatrosse starben und so ein schwerwiegender Einfluß auf die Populationsgröße entstand. Auch für marine Säuger mit niedriger Reproduktionsrate konnte gezeigt werden, daß Populationen selbst auch bei

kleinstem Sterblichkeitsniveau (nur vier Prozent der Population pro Jahr) nicht überleben konnten (WOODLEY und READ 1991). Betrachtet man eine erwachsene Muschelbank als einen sich langsam fortpflanzenden Organismus, bedeutet das, daß auch eine geringe Fischerei oder ein kleiner Schaden zu einer geringeren Stabilität der Bank führt, die schließlich in ihrem Verschwinden endet. Wenn weniger stabile und jüngst gebildete Bänke abgefischt werden, sinkt auch die Möglichkeit für die Bildung neuer erwachsener Muschelbänke.

Gegenwärtiger Status der Muschelbestände, Erwartung der künftigen Entwicklung von charakteristischen Biotopen und Vogelpopulationen

Sehr wenig Muschelbänke sind übriggeblieben. Die langsam sich erholenden Bänke wurden während der letzten zwei Winter schwer geschädigt und bestehen heute hauptsächlich aus sehr jungen Muscheln. In flachfallenden Gebieten wird es 1997 keine Fischerei geben, so daß einige der verbliebenen Bänke sich weiter entwickeln können. 1998 will man die bisherige Fischereipolitik evaluieren. Es wird viel Wert darauf gelegt, die Möglichkeiten für die künftige Entwicklung von erwachsenen Muschelbänken zu schaffen. Sollte diese Politik erfolgreich sein, werden neue Bänke entstehen und einige von diesen werden sich in alte stabile Bänke entwickeln. Diese werden über die sie umgebenden Wattengebiete hinausragen und so Nahrung für Vögel und Schutz für eine Vielzahl von Organismen bieten. Sie werden in ihrer Nähe Schlick und organisches Material anreichern und hiermit bessere Bedingungen für eine größere Vielfalt von Organismen in der weiteren Umgebung dieser Bänke bereitstellen. Auch weniger stabile Bänke sind sehr wichtig als Nahrungsquelle für die Vögel Eiderente und Austernfischer. Die Nahrungszufuhr durch Herzmuscheln unterliegt starken Fluktuationen, auch ohne die Fischerei. Es wird immer Jahre geben, in denen die Bestände der Herzmuscheln sehr niedrig sind, so daß es zu Nahrungsmangel für die Vögel kommt. Hier können Muscheln eine wichtige alternative Beute sein.

Auch aus der Sicht der Fischerei sind flachfallende Muschelbänke wichtig. Eiderenten können dort fressen, und es wird somit einfacher, diese Vögel von den Kulturplätzen fernzuhalten.

Management in multifunktionalen Gebieten

In Gebieten, in denen das Management auf kluge und multifunktionale Nutzung zielt, sollte das Konzept der Nachhaltigkeit gegenüber dem Konzept des nachhaltigen Ertrages, wie zum Beispiel in der Fischerei angewendet, erweitert werden. Im Wattenmeer sollte nachhaltiges Management folgende Punkte berücksichtigen:

- Nachhaltige Erträge der Zielorganismen
- Nachhaltige Erträge anderer Organismen
- Akzeptabler Einfluß auf Nicht-Zielorganismen

Im letzten Falle bedeutet „nachhaltiger Ertrag“ derjenige, der erzielt werden kann, ohne daß ein Einfluß auf Nicht-Zielarten entsteht, der höher ist als der hinnehmbare Einfluß für andere Interessensgruppen, die häufig auf Naturschutz zielen.

Der überwiegende Anteil von Miesmuscheln wird auf Muschelkulturen produziert. Daher muß man den nachhaltigen Ertrag dieser Kulturen im Auge haben. Dieser Ertrag wird durch folgende Faktoren bestimmt:

- Die Verfügbarkeit von Saatmuscheln
- Die Empfindlichkeit gegenüber Stürmen
- Die Primärproduktion in Ästuaren

Seit den späten 50er Jahren war die Menge von Saatmuscheln im Wattenmeer nie ein Problem. Ausnahmen waren 1989, 1990 und 1991. Solange Saatmuscheln von nicht trockenfallenden Bänken verfügbar waren, gab es keinen Konflikt mit den Zielen des Naturschutzes. Generell waren genügend Muschelbänke verfügbar. Wenn Saatmuscheln knapp werden, kann eine vorsichtige Fischerei und Ausbringung von Saatmuscheln das Überleben von Muscheln erhöhen.

Wenn das Verhältnis zwischen Saat und Ertrag nur leicht verbessert wird, wird die Verfügbarkeit von Saatmuscheln normalerweise nicht die Erträge begrenzen. Die Kultur marktfähiger Muscheln dauert mindestens 1,5 Jahre nach Ausbringung der Saatmuscheln, und das Risiko, daß während dieser Zeit Stürme auftreten, ist groß. Wellenschlag oder hohe Strömungsgeschwindigkeiten spülen Muscheln von den Kulturplätzen. Sie überleben normalerweise danach nicht. Werden diese Muscheln auf flachfallende Gebiete vertrieben, können sie länger überleben und als

Anheftungsstellen für neuen Brutfall dienen. Aus dieser Sicht sollten Kulturen in Gebieten angelegt werden, die vor Stürmen geschützt sind, und in denen Strömungsgeschwindigkeiten auch während der Stürme unter bestimmten Grenzen bleiben.

Bei der Entwicklung eines Managementplans für die nachhaltige Nutzung sollten weitere Aspekte berücksichtigt werden. Zum Beispiel sollte die Aufnahmekapazität des Systems untersucht werden. Hierbei haben sich mathematische Modelle als nützlich erwiesen. Es ist wichtig, die Aufnahmekapazität für bestimmte Organismen zu untersuchen, aber man sollte auch die Nahrung der Nahrungs- oder Platzkonkurrenz anderer Arten ins Kalkül ziehen. Es ist ebenfalls wichtig, natürliche Biozönosen, wie zum Beispiel erwachsene Muschelbänke, zu berücksichtigen. Nachhaltige Fischerei auf diesen Bänken ist nicht möglich gewesen. Auf der anderen Seite konnte Fischerei auf nicht trockenfallenden Bänken nachhaltig sein. Um die Muschelproduktion aufrechtzuerhalten, sollten nicht trockenfallende Kulturen weiter als bisher über die zur Verfügung stehenden Gebiete ausgebreitet werden, um lokale Nahrungskonkurrenz ohne Zerstörungsrisiken durch Stürme zu minimieren. Man sollte auch darauf achten, daß Kulturen nicht in Prielen angesiedelt werden, da hier bei Stürmen hohe Strömungsgeschwindigkeiten entstehen. In der Anfangsphase von Kulturen muß darauf geachtet werden, daß hohe Mortalitäten der Saatmuscheln verhindert werden. Wegen der Wichtigkeit der flachfallenden Muschelbänke aus der Sicht des Naturschutzes sollten diese Bänke nicht für Saatfischerei oder für Konsummuschelfischerei Verwendung finden.

Regeln für die nachhaltige Nutzung sollten von den Behörden immer am Naturschutz orientiert sein. Werden solche Regeln von Fischereibehörden festgesetzt, wird es keine Probleme geben in Jahren, in denen Bestände groß sind; aber bei niedrigen Beständen wird es zu einer Überfischung kommen. Fischereibehörden berücksichtigen zudem typischerweise nur die Nachhaltigkeit ihrer Zielarten, aber keine anderen Aspekte des Ökosystems.

Herzmuschelfischerei kann einen indirekten Einfluß auf Muschelbänke haben. Wenn große Herzmuschelschalen entfernt werden, verschwinden Anhaftungsstellen für Makroalgen und Muscheln. Werden harte Schalen oder Tonschichten beseitigt, entwickeln sich sandige Gebiete mit großen Populationen von *Arenicola*. In Gebieten mit *Arenicola* ist es für andere

Organismen sehr schwer zu überleben, und hierdurch können die Möglichkeiten für die Entwicklung von Muschelbänken verkleinert werden.

Literatur

ASMUS, H., 1987. Secondary production of an intertidal mussel bed community related to its storage and turnover compartments. - Mar. Ecol. Progr. Ser. 39: 251-266.

BEUKEMA, J.J., 1982. Annual variation in reproductive success and biomass of the major macrozoobenthic species living in a tidal flat area of the Wadden Sea. - Neth. J. Sea Res. 16: 37-45.

BLOK DE, J.W. & GEELEN, H.J.F.M., 1958. The substratum for the settling of mussels (*Mytilus edulis* L.). - Extrait des archives Neerl. Zool. Tome XIII Suppl 1958: 446-460.

CADÉE, G.C., 1990. Birds as producers of shell fragments in the Wadden Sea, in particular the role of the herring gull. - Geobis 18: 77-85.

CROXALL, J.P., ROTHERY, P., PICHERING, S.P.C. & PRINCE, P.A., 1990. Reproductive performance, recruitment and survival of wandering albatrosses *Diomedea exulans* at Bird Island, South George. - J. Anim. Ecol. 59: 775-796.

DANKERS, N., 1993. Integrated estuarine management - Obtaining a sustainable yield of bivalve resources while maintaining environmental quality. In: Dame (ed) Bivalve filter feeders in estuarine and coastal ecosystem processes. - NATO ASI Series, Vol. G 33, Springer Heidelberg, 479-511.

DANKERS, N. & KOELEMAIJ, K., 1989. Variations in the mussel population of the Dutch Wadden Sea in relation to monitoring. - Helgoländer Meeresunters. 43: 529-535.

DARE, P.J., 1976. Settlement, growth and production of the mussel *Mytilus edulis* L. in Morecambe Bay. - England Fishery Invest. Lond. (Ser 2), 28 (1): 1-25.

DITTMANN, S., 1990. Mussel beds - amensalism or amelioration for intertidal fauna. - Helgoländer Meeresunters. 44: 335-352.

GROOT DE, R.S., 1992. Functions of nature; evaluation of nature in environmental planning, management and decision-making. - Wolters-Noordhoff Groningen.

KEUS, B., 1994. Self regulation in fisheries - the case of the musselseed fishery in the Netherlands. - EAFE, VIth annual conference, Crete.

MAAS-GEESTERANUS, R.A., 1942. On the formation of banks by *Mytilus edulis* L. - Arch. Neerl. Zool. 6 (2/3): 283-326.

MCGRORTY, S. & GOSS-CUSTARD, J.D., 1991. Population dynamics of the mussel *Mytilus edulis*: spatial variations in age-class densities of an intertidal estuarine population along environmental gradients. - Mar. Ecol. Progr. Ser. 73: 191-202.

MCGRORTY, S., CLARKE, R.T., READING, C.J. & GOSS-CUSTARD, J.D., 1990. Population dynamics of the mussel *Mytilus edulis*: density changes and regulation of the population in the Exe estuary Devon. - Mar. Ecol. Progr. Ser. 67: 157-169.

MÖBIUS, K., 1877. Die Auster und die Austernwirtschaft. - Wiegund Hempel und Parey Berlin.

OBERT, B., & MICHAELIS, H., 1991. History and ecology of the mussel beds (*Mytilus edulis* L.) in the catchment area of a Wadden Sea tidal inlet. In: Estuaries and coasts: spatial and temporal intercomparisons (eds) Elliot, M., Ducrotoy, J.P., Olsen and Olsen Fredensburg Denmark, 185-194.

WOODLEY, T.H. & READ, A.J., 1991. Potential rates of increase of a harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) population subjected to incidental mortality in commercial fisheries. - Can. J. Fish. Aquati. Sci. 48: 2429-2435.