

## Nordseemodell

### Eine neue Grundlage für die Regulierung der Fischerei

Vortrag, gehalten auf der 16. Nordischen Fischereikonferenz, Mariehamn, Åland, 28. - 31.8.1978 von ERIK URSIN, Danmarks Fiskeri-og Havundersøgelser, Charlottenlund.

Übersetzt aus dem Dänischen von F. THUROW, Institut für Küsten- und Binnenfischerei, Laboratorium Kiel.

Der Internationale Rat für Meeresforschung (ICES) beurteilt jährlich die Fischereiaussichten auf der Grundlage von Bestandsstärke und Alterszusammensetzung. Diese Untersuchungen bilden ihrerseits die Basis für eine weitreichende Tätigkeit, um andere internationale Organisationen (z.B. EG) zu beraten, die beabsichtigen, ihre Fischerei zu regulieren.

### Modell für eine Fischart

Das Berechnungssystem, das man verwendet, um die gegenwärtigen Verhältnisse und die zukünftigen Möglichkeiten eines Fischbestandes zu beleuchten, nennt man ein mathematisches Modell.

Diejenigen Modelle, die man gegenwärtig anwendet, sind hauptsächlich von zwei englischen Biologen entwickelt worden, Raymond BEVERTON und Sidney HOLT. Sie gaben 1957 ein Buch über Bestandsanalysen heraus, das einen überwältigenden Einfluß auf die Entwicklung der Fischereibiologie hatte. Eines ihrer größten Verdienste ist es, daß sie gezeigt haben, wie notwendig es ist, die Aufmerksamkeit auf die wichtigsten Umstände zu lenken und das weniger Wesentliche außer Betracht zu lassen.

Den Einfluß, den die Fischbestände aufeinander haben, sahen BEVERTON und HOLT als weniger wesentlich an. Selbstverständlich wußten sie, daß der Kabeljau den Hering frißt. Aber damals rechnete man damit, daß keine großen Unterschiede von Jahr zu Jahr auftreten. Daher ist ihr Modell ein Ein-Arten Modell. Es betrachtet jede Art so, als würden andere Arten nicht existieren, abgesehen von dem rein technischen Umstand, daß man bei der Befischung einer Art die Vertreter anderer Arten als Beifang erhält.

### Wechselwirkung zwischen den Fischarten

In den letzten Jahren hat man aber so viele neue Erkenntnisse gewonnen, daß es bedenklich ist, am Ein-Arten Modell festzuhalten. Die Fischerei ist nun so effektiv, daß im Verlaufe weniger Jahre große Veränderungen in der Artensammensetzung auftreten können. Das bedeutet, daß sich die Konkurrenzverhältnisse zwischen den Arten schnell ändern und daß der Einfluß von Raubfischen nun ganz anders sein kann als früher. Die wechselseitige Beziehung zwischen den Arten tritt in ihrer Bedeutung mehr und mehr in den Vordergrund.

Neue amerikanische Untersuchungen (LAEVASTU und FAVORITE, 1978) deuten an, daß die Fische im Bering-Meer jährlich 700 000 t Heringe fressen, während Seehunde und Wale weitere 400 000 t verzehren. Da die Fischerei nur 40 000 t Heringe ergibt, ist es eine hoffnungslose Aufgabe, die Heringsfischerei zu regulieren, ohne die Bestände anderer Fischarten und Säugetiere zu kontrollieren.

Berechnungen polnischer Forscher (ZALACHOWSKI u. a.) für die Ostsee zeigen, daß der Dorschbestand mindestens 600 000 t Hering und Sprotte pro Jahr verzehrt. Das macht ebenso viel aus wie der Fischereiertrag dieser beiden Arten.

In der Nordsee sind die Verhältnisse nicht so deutlich. In der südlichen und mittleren Nordsee frißt der Kabeljau jährlich bis 300 000 t Fische (DAAN, 1975). Um den entsprechenden Wert für die ganze Nordsee zu ermitteln, muß diese Zahl mit 1,5 multipliziert werden. Das ergibt 450 000 t, welches so viel ist wie 15 % der gesamten Fischanlandungen. Man muß aber in Betracht ziehen, daß die vom Kabeljau gefressenen Fische überwiegend sehr klein sind. Daher empfehlen die Fischereibiologen, sie durch Mindestmaß und Mindestmaschenweite zu schützen, bis sie die gewünschte Größe erreicht haben. Vermeintlich werden die 450 000 t Fische, die der Kabeljau in der Nordsee frißt, so zur Zeit des Fanges mehr wiegen als zur Zeit der Erbeutung durch den Kabeljau.

Man ist versucht hieraus den Schluß zu ziehen, daß der Kabeljau ein Schädling ist, den man besser ausrotten sollte. Die Verhältnisse sind aber komplizierter. Der gesamte Nahrungsverbrauch des Kabeljau in der Nordsee liegt bei 1,2 Mill. Tonnen, wovon nur 450 000 t Fische sind. Der Rest von 750 000 t besteht aus Krebsen, Würmern u. a., so daß es viel schwieriger - zum größten Teil unmöglich - ist, diese für den Menschen auf andere Weise zu nutzen als für Kabeljau-nahrung.

#### Mehr-Arten Modell

Überlegungen dieser Art werden schnell so kompliziert, daß man den Überblick verliert. Das trifft auf jeden Fall für die Nordsee zu, wo etwa 10 wichtige Fischarten auftreten, die man berücksichtigen muß. Daher ist es nicht überraschend, daß die Fischereibiologen sich vorzugsweise mit dem direkten Einfluß der Fischerei auf jeden einzelnen Bestand befaßt haben.

In der Tat ist es nur durch die moderne Entwicklung der Rechenmaschinen möglich, das Zusammenspiel zwischen den Arten in einem Mehr-Arten Modell verläßlich zu behandeln. Dabei wird so verfahren, daß man zunächst seine Auffassung von den biologischen Prozessen im Meer in mathematischen Ausdrücken formuliert (Nahrungsaufnahme, Wachstum, Fortpflanzung, Tod). Dabei dürfen keine widersprechenden Annahmen auftreten. Die Formeln müssen eine Einheit bilden. Das nennt man dann das mathematische Modell eines Ökosystems. Beim nächsten Schritt übersetzt man die mathematischen Ausdrücke in eine Programm-sprache. Schließlich läßt man die Datenmaschine die Konsequenzen ausrechnen, die sich aus den Annahmen ergeben. Mit dieser Arbeitsmethode braucht das menschliche Gehirn nicht gleichzeitig das komplizierte Wechselspiel bereitzuhalten, das im Modell beschrieben ist.

Auf der Grundlage der im Modell festgelegten Regeln errechnet die Maschine z. B. die Auswirkung einer verstärkten Kabeljaufischerei. Sie ermittelt Effekte jedoch nicht nur auf den Kabeljaubestand selbst, sondern auch auf andere Fischarten, die vom Kabeljau gefressen werden, sich selbst vom Kabeljau ernähren (evtl. ganz kleiner Kabeljau von 4 mm Länge) oder ihre Nahrung mit dem Kabeljau teilen.

Ein Modell dieses Typs, das Nordseemodell, ist von Dänemarks Fischerei- und Meeresuntersuchung (ANDERSEN und URSIN, 1977) entwickelt worden. Dieses diente zunächst zur Untersuchung der Entwicklung der Nordseefischerei. Mit Hilfe der traditionellen Vorstellungen (Ein-Arten Modell) wäre das schwer möglich, weil die Beziehung zwischen den Arten in Verbindung mit Veränderungen der Arten- und Alterszusammensetzung im Fang nicht erfaßt werden könnten. Wir werden uns nun näher mit einigen dieser Phänomene befassen.

### Die Entwicklung der Nordseefischerei

Abb. 1 zeigt den gesamten Fischereiertrag aus der Nordsee in Millionen Tonnen (ICES: Bull. Stat.). Außerdem wird die berechnete Größe der gesamten Fischbestände angegeben. Diese hält sich fast konstant bei 9 Millionen Tonnen, während der Ertrag seit 1960 von 1,5 auf 3 Millionen Tonnen gestiegen ist. Das ist schon überraschend, weil nach der gängigen Auffassung der Fischereibiologen der Bestand abnimmt, wenn der Fischereiaufwand steigt (z. B. steigende Anzahl von Fahrzeugen). Diese Beziehung sollte gelten vom ersten schwachen Beginn der Befischung bis der letzte Fisch weggefangen ist.

Eine Darstellung der Gesamtfischerei gibt natürlich nur eine begrenzte Auskunft. Abb. 2 geht mehr in Einzelheiten. Sie zeigt entsprechende Kurven für die großen dorschartigen Fische: Kabeljau, Köhler, Schellfisch und Wittling. Dieses Bild ist noch mehr verblüffend. Der Fischereiertrag nimmt stark zu, aber die Bestandsstärke wächst ebenfalls erheblich.

Auf der anderen Seite zeigt die Entwicklung der Makrelen- und Heringsbestände das traditionelle Muster (Abb. 3). Der zunehmende Fischereiaufwand führt zu einer Verringerung des Bestandes. Die Jungheringsfischerei mit dem Schleppnetz und der Einsatz der Ringwade auf große Heringe und Makrelen vermochte im Verlaufe weniger Jahre die Bestände dieser Arten von 6 auf 2 Millionen Tonnen zu reduzieren. Wenn andere Arten diesen Verlust nicht ersetzt hätten, wäre der Gesamtfischbestand hierdurch auf 5 Millionen Tonnen verringert worden. Fast gleichzeitig damit trat eine starke Zunahme von Jungfischen der meisten anderen Arten auf, so daß die Gesamtmenge schnell wieder 9 Millionen Tonnen erreichte.

Von den möglichen Ursachen für dieses Phänomen fällt besonders ins Auge, daß Hering und besonders Makrele eine bedeutende Menge Fischbrut gefressen hatten. Durch die Verringerung des Hering- und Makrelenbestandes hatte ein großer Teil dieser Brut die Chance zum Überleben. Selbst wenn nur 5 % der Makrelnahrung (und noch weniger beim Hering) Fische sind, hätten die 5 bis 6 Millionen Tonnen Hering und Makrele wahrscheinlich mindestens die Hälfte der Nordseeproduktion von Fischbrut gefressen (URSIN, 1977). Ein großer Teil dieser Brut hatte nun plötzlich die Chance zum Überleben und Weiterwachsen. Diese Möglichkeit wurde verstärkt, weil die geschwächten Herings- und Makrelenbestände weniger Planktonorganismen verzehrten, von denen die meisten Jungfische leben.

Vor diesem Hintergrund ist die Bestandsentwicklung der großen dorschartigen Fischbestände (Abb. 2), die zuerst so überraschend erschien, leicht zu verstehen. Die Entwicklung der Nordseefischbestände läßt sich nun in einer kleinen Tabelle zusammenfassen.

	Bestand (Mill. tons)	
	1964	1976
Hering und Makrele	6	2
Andere Arten	3	7
Gesamt	9	9

Das Folgende basiert auf der oben dargelegten Annahme, daß die großen Veränderungen in den Fischbeständen der Nordsee - sowohl die Abnahme der Herings- und Makrelenbestände als auch die Zunahme der anderen Populationen - durch den starken Fischereidruck auf Hering und Makrele seit 1965 verursacht wurde.

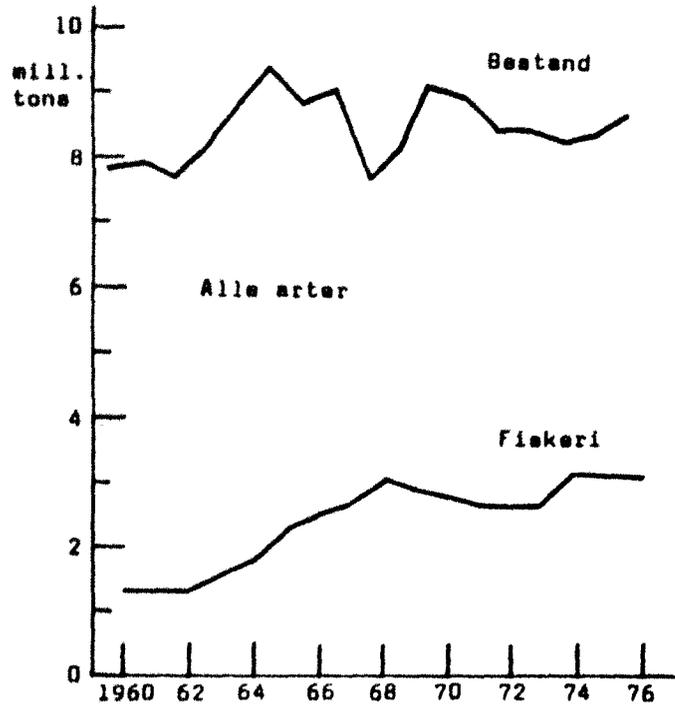


Fig.1

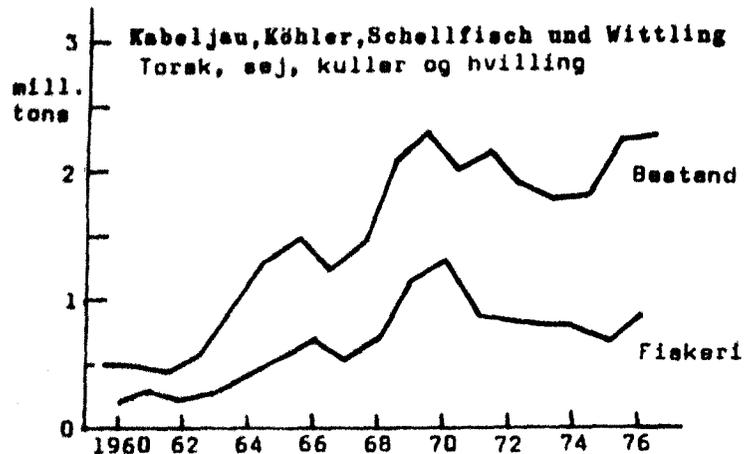


Fig.2

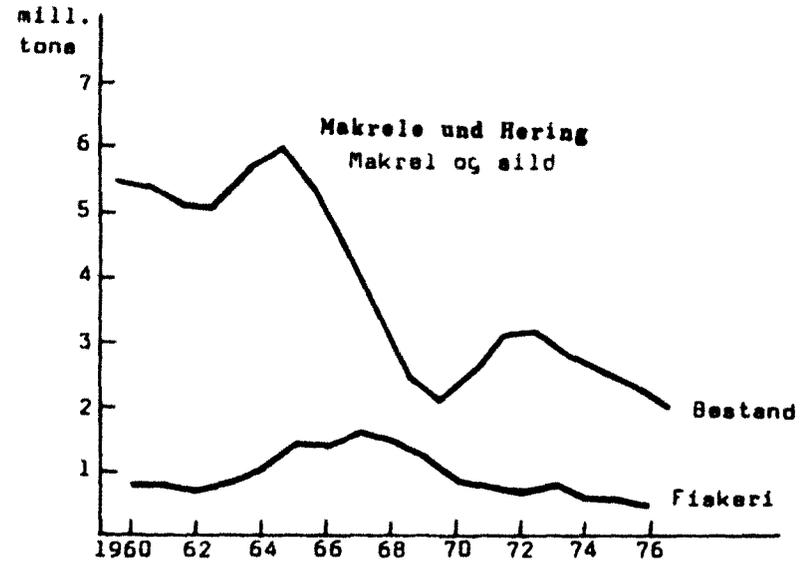


Fig.3

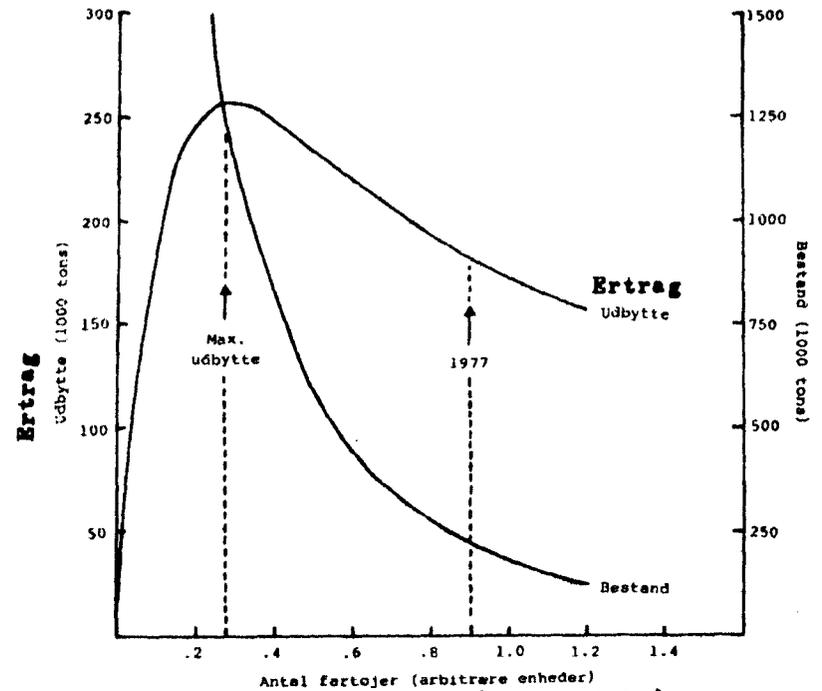


Fig.4 Anzahl Færtøje (willk. Einh.)

## Neue Auffassungen über die Wirkung der Fischereiregulierung

Das erfordert ein umfassendes Überdenken bezüglich von Zielen und Mitteln der Fischereiregulierung. Die klassische Auffassung besagt, das Ziel der Regulierung jeder einzelnen Fischerei sei es, den Gewichtsertrag dieser Fischerei so hoch wie möglich zu erhalten. Das soll erreicht werden durch die Schonung von Jungfischen (Mindestmaß- und Mindestmaschenbestimmung) und durch die Anpassung des Fischereiaufwandes (Lizenzen, Quoten, Schongebiete, Schonzeiten). In beiden Fällen ändert man sowohl die Bestandsgröße als auch die durchschnittliche Größe der Fische. Dadurch greift man in das Konkurrenzverhalten zwischen den Arten ein und verändert die natürliche Sterblichkeit, soweit sie durch den Wegfraß anderer Fische bedingt ist.

Betrachten wir zum Beispiel die traditionelle Berechnung (Ein-Arten Modell) des Kabeljaubestandes und die Situation der Kabeljaufischerei in der Nordsee. Abb. 4 zeigt, wie Bestandsgröße und Ertrag vom Fischereiaufwand abhängen. Im Jahre 1977 wurden 180 000 t gefangen, während der Bestand 215 000 t betrug. Durch die Reduzierung der Fahrzeugzahl auf 30 % der Zahl von 1977 könnte man den größtmöglichen Ertrag, 257 000 t, erreichen. Das bedeutet einen Anstieg um 43 %. Der Bestand würde um das Sechsfache, auf 1,27 Millionen Tonnen wachsen.

Man kann nicht viel gegen diese Berechnung einwenden, abgesehen davon, daß ein Teil der kleinen Kabeljau von großen Kabeljau gefressen wird. Wegen des anwachsenden Kabeljaubestandes kann man annehmen, daß dieser Wegfraß höher liegen wird als 1977. Der Bestand wird daher kaum so hoch kommen, wie berechnet. Außerdem werden geringe Veränderungen in der Nahrungskette eintreten, die man ohne komplizierte Berechnungen kaum voraussehen kann. Der Kabeljau wird zu erheblicher Größe heranwachsen und daher große Beutetiere fressen. Das wird wiederum die Größenzusammensetzung der anderen Arten verändern usw.

Das sind scheinbar Bagatellen. Sie sind aber wichtig, wenn man erwägt, die anderen Fischereien zu regulieren. Ähnliche Überlegungen können nämlich geltend gemacht werden, so weit es die meisten Arten betrifft: Eine kräftige Flottenverkleinerung führt zu einem weit größeren Bestand bei unverändertem oder höherem Ertrag. Allerdings mögen die Verhältnisse beim Kabeljau besonders herausragen. Daher kann man annehmen, daß die Bestände aller Arten nicht um das Sechsfache, sondern nur um das Dreifache zunehmen, wenn die günstigste Befischung erreicht wird.

Das bedeutet, die Nordseebestände würden nicht 9 Mill. Tonnen, sondern 27 Mill. Tonnen stark sein. Man weiß nicht, ob es jemals so viele Fische in der Nordsee gegeben hat. Bei unserer gegenwärtigen Kenntnis über die Verhältnisse im Meere klingt es unwahrscheinlich, daß die pflanzliche Planktonproduktion einen so großen Bestand unterhalten könnte. Soweit mir bekannt, hat man nirgends auf der Welt einen so dichten Fischbestand beobachten können. Eine Ausnahme mag der Anchovettbestand bei Peru bilden, wo ganz sicherlich Bedingungen vorliegen, die hier nicht auftreten werden.

Ermittlungen über die Auswirkung eines völligen Fischereistopps (ANDERSEN und URSIN, 1977) deuten im übrigen an, daß der Nordseefischbestand sich bei 12 Mill. Tonnen stabilisieren würde, weil die große Zahl von Raubfischen den Bestand bei diesem Niveau kontrolliert. Dann scheint für alle eine ausreichende Menge von Nahrung vorhanden zu sein.

Das offenbare Problem ist, daß eine Berechnung desjenigen Typs, wie oben für den Kabeljau gezeigt, im einzelnen fast unangreifbar, doch gleichzeitig nicht richtig ist. Man kann nach dieser Methode vielleicht eine Fischerei regulieren. Versucht man aber bei einer anderen Fischerei nach den gleichen Prinzipien zu verfahren, geschieht etwas Unerwünschtes. Falls der erstere Bestand Kabeljau wäre, könnte man später keinen Erfolg beim Schellfisch erwarten, weil der große Kabeljaubestand die Zahl der kleinen Schellfische dezimiert. Beginnt man jedoch mit dem Schellfisch, so wird sein Bestand durch die später versechsfachte Kabeljaupopulation wieder reduziert.

Faktisch werden 1,3 Mill. Tonnen Kabeljau (Abb. 4) enorme Fischmengen fressen. Wie oben erwähnt, fand DAAN (1975), daß ein Kabeljaubestand von fast der gegenwärtigen Größe 450 000 t Fische pro Jahr frißt. Die sechsfache Menge würde 2,7 Mill. Tonnen betragen. Gegenwärtig liegen die Fischanlandungen aus der Nordsee bei 3 Mill. Tonnen pro Jahr. Weitere 4 Mill. Tonnen werden gefressen. Diese Ergebnisse kann man in jedem Fall mit dem Nordseemodell erzielen. Es ist klar, daß ein so stark vergrößerter Kabeljaubestand die Konkurrenzverhältnisse in der Nordsee stark ändert. Er beeinflusst ebenfalls die natürliche Sterblichkeit, sowohl bei den anderen Arten als auch bei der Kabeljaubrut.

Wenn man im Nordseemodell die Anzahl der Kabeljau fischenden Fahrzeuge von der gegenwärtigen Zahl auf 30 % reduziert (wie es nach dem Ein-Arten Modell am zweckmäßigsten sein soll), geschieht das Folgende. Der Kabeljaubestand vergrößert sich um das Vierfache (nicht um das Sechsfache wie im Ein-Arten Modell). Er frißt drei mal so viele Fische wie gegenwärtig. Der gesamte Fischbestand steigt um ein Geringes an, doch werden die Populationen der meisten Arten halbiert. Der Ertrag aus der Kabeljaufischerei bleibt unverändert, während er nach dem Ein-Arten Modell um 43 % steigen sollte. Der wichtigste Teil der Voraussage, daß man die Flotte ohne Fangverlust auf 30 % reduzieren kann, ist jedoch richtig. Auch der gesamte Fischereiertrag bleibt unverändert. Dabei handelt es sich aber nur um eine scheinbare Stabilität. Faktisch wird der Fischereiertrag von Köhler, Schellfisch, Makrele und Hering halbiert, während er für die anderen Arten ansteigt.

Die Sprottenfischerei wird z.B. wachsen. Weil der Kabeljaubestand aus vielen besonders großen Tieren besteht, ernährt er sich von einer Beute, die größer ist als die Sprotte. Insbesondere dienen Köhler und Wittling als Beute. Deren Sprottenverzehr wird nun in dem Maße vermindert, in dem ihre Bestände durch den Kabeljau reduziert werden. So kommt man zu dem anfänglich unvermuteten Resultat, daß man den Sprottbestand vergrößern kann, wenn man den Kabeljaubestand vergrößert.

#### Fischereiregulierungen auf der Grundlage des Mehr-Arten Modells

Wenn man die biologische Wechselwirkung zwischen den Fischarten in Betracht zieht, zeigt sich, daß das Ziel der Fischereiregulierung, nämlich der höchstmögliche Ertrag jeder einzelnen Art, eine Illusion ist. Die starke Befischung von einigen Arten kann dazu führen, daß andere Arten nur geringe Erträge liefern. Durch passende Schonmaßnahmen kann man sehr starke Bestände von wichtigen Raubfischen aufbauen (Kabeljau, Köhler, Wittling) und sie zur Versorgung des Konsumfischmarktes gleichzeitig scharf befischen. Der Konsumfischfang auf Scholle sowie Schellfisch und auch die Industriefischerei werden als Folge davon abnehmen. Statt dessen könnte man die Bestände von Kabeljau, Köhler und Wittling abfischen und dafür in Zukunft einen starken Ertrag von Scholle, Schellfisch und Industriefisch erzielen.

Wie gesagt, werden jährlich 3 Mill. Tonnen Fische aus der Nordsee gefangen und weitere 4 Mill. Tonnen gefressen. Auf der Grundlage der Direktiven von Regierungen oder überstaatlichen Organen haben die Fischereibiologen über diese 7 Mill. Tonnen Fische zu verfügen. Das größte Problem ist die Ausarbeitung dieser Direktiven. Ihre Formulierung bringt viele praktische Probleme mit sich. Es ist z.B. eine Frage, ob die marinen Ressourcen in Form von Kabeljau (ernährt durch lebende Fische) oder in Form von Hühnern (aufgezogen mit Fischmehl) auf den Tisch kommen sollen.

Es gibt eine Reihe weiterer Fragen, die erheilt werden müssen und die man den Fischereibiologen nur überlassen kann, wenn politische Direktiven mit entsprechender Zielsetzung vorliegen. Die Biologen können z.B. ausrechnen, daß sich der gegenwärtige Ertrag von 3 Mill. Tonnen verdoppeln läßt (ANDERSEN und URSIN, 1977). In diesem Falle setzt sich der Ertrag aber überwiegend aus kleinen Fischen, teils eigentliche Industriefische, teils kleine Konsumfische, zusammen. Die Letzteren erzielen kaum einen Preis, der wesentlich höher liegt als der Industriefischerlös.

Eine andere denkbare Zielsetzung für die Fischereiregulierung, auf Kosten anderer Vorteile, ist es, die Fischerei so zu planen, daß Fischmehlfabriken, Filetfabriken und Konservenfabriken während des ganzen Jahres eine gleichmäßige Versorgung haben.

Die allgemeine Fragestellung lautet, was wünscht man und was will man bezahlen für die Erfüllung dieser Wünsche. Wenn man das ökologische Zusammenspiel zwischen den Arten in Betracht zieht, besteht ein viel größeres Bedürfnis für den Kontakt zwischen Biologen und politisch Verantwortlichen, als wenn man sich damit begnügt, das Ein-Arten Modell für die Analyse zugrunde zu legen. Es treten einfach viele verschiedene Probleme auf, zu denen Stellung genommen werden muß, wenn man eine Fischereipolitik formuliert und wünscht, daß sie auch in der Praxis durchführbar ist.

#### LITERATUR:

- ANDERSEN, K. P. and URSIN, E.: A multispecies extension to the Beverton and Holt theory of fishing, with accounts of phosphorus circulation and primary production. Meddelelser fra Danmarks Fiskeri-og Havundersøgelse, N.S. 7: 319 - 435, 1977
- DAAN, N.: Consumption and production in North Sea cod, Gadus morhua: an assessment of the ecological status of the stock. Netherlands Journal of Sea Research 9: 24 - 55, 1975
- LAEVASTU, T. and FAVORITE, F.: Fluctuations in Pacific herring stock in the Eastern Bering Sea as revealed by ecosystem model (Dynames III). Symposium on the Biological Basis of Pelagic Fish Stock Management, No 31, 1978