

# Ein Modell der mathematischen Optimierung zur Bestimmung der optimalen Größe und Struktur der deutschen Fischereiflotte unter stochastischen Bedingungen

Claus-Hennig Hanf, Institut für Agrarökonomie, Universität Kiel

Ein wichtiges Ziel der strukturpolitischen Maßnahmen der EU-Fischereipolitik ist die Anpassung der nationalen Flottenkapazitäten an den Kapazitätsbedarf. In dem Beitrag wird ein Modell entwickelt, das den Anforderungen entspricht. Es handelt sich um ein Modell der mathematischen Optimierung, das gemischt ganzzahlig, linear und stochastisch ist. Die für das Modell benötigten Daten können weitgehend aus den vorhandenen Statistiken abgeleitet werden, aber sie bedürfen einer Ergänzung durch versierte Fachleute.

Ein wichtiges Ziel der strukturpolitischen Maßnahmen der EU-Fischereipolitik ist es, die verfügbaren Kapazitäten mit dem Bedarf in Einklang zu bringen. In nahezu allen EU-Ländern und allen Flottensegmenten ist der Bedarf an Fischereikapazitäten signifikant geringer als die verfügbare Flottenkapazität (Frost und Vestergaard 1996). Der Agrarkommissar der EU Franz Fischler hat in einer Rede zur Reform der Gemeinsamen Fischereipolitik kürzlich ausgeführt: „The overcapacity in the EU fleet is fatal for the prospects of a healthy fishing industry in future. It renders fishing unprofitable, causes job insecurity and, in recent years, has led to massive job losses.“ Und weiter unten fährt er fort: „It is also much more responsible from a social point of view to scale down overcapacity by means of targeted EU assistance, rather than use this money to carry on building up overcapacity, harming the earning potential of our fishermen still further (Fischler 2002).“

Bei diesem politischen Ziel ist es Voraussetzung einer rationalen Politik, dass man Kenntnis von der „optimalen“ Größe, Struktur und Ausstattung der Fischereiflotte hat. Dabei muss allerdings die Bezeichnung „optimal“ noch genauer definiert werden. „Optimal“ kann einerseits einen Zustand der Fischereiflotte bezeichnen, der es möglichst vielen Fischern erlaubt, ein nachhaltig gesichertes Einkommen zu erzielen, andererseits kann „optimal“ als Maximum der sektoralen Gewinne definiert sein, und schließlich könnte der Begriff „optimal“ sich auf eine möglichst sichere Erhaltung der Fischbestände beziehen.

Die optimale Flottenstärke und -struktur wird außer von dem Ziel der Fischereipolitik noch von der Anzahl Bedingungen und Beschränkungen bestimmt. Die wich-

tigsten natürlichen Faktoren, die die Art und den Umfang der Fischereiaktivitäten beeinflussen, sind das Wetter und die verfügbaren Fischbestände. Zu diesen natürlichen Faktoren kommen noch rechtliche Einschränkungen in Form von Fangquoten, die zu berücksichtigen sind. Schließlich hängt die „optimale“ Flottenkapazität noch von der verfügbaren und tatsächlich eingesetzten Technologie des Fischfangs ab.

Zur Berechnung der jeweils optimalen Größe und Struktur der Kapazität muss ein Modell entwickelt werden, das sowohl die Ziele und Beschränkungen in angemessener Weise berücksichtigt als auch die technologischen Möglichkeiten. Dabei ist im besonderen darauf zu ach-

## **A model of mathematical optimization to determine, under stochastic conditions, the optimal size and structure of the german fishing fleet**

A mathematical model to optimize the german fishing fleet is drafted and its data basis is described. The model has been developed by Brodersen, Campbell and Hanf in 1994 to 1998. It could be shown, that this model is flexible enough to be applied successfully to a lot of very different political questions, if adapted accordingly. The economic consequences of measures of fishery politics, the effects of technical advances, but also increasing uncertainties can, to some degree, appropriately be assessed quantitatively. Finally it could be shown that, principally, the available account of data is a good basis for investigations into fishery economics and fishery politics. However there is a need to treat the source of data continuously and competently in order to make these informations available quickly. Statistical data to reflect the fishery sector are valuable. However, they obtain their full value only when judged by experts from the fishing industry, biology and technical fishery research.

ten, dass einige der wichtigen Einflussfaktoren auf die optimale Ausstattung der Flotte starken stochastischen Schwankungen unterworfen sind. Dies sind beispielsweise die jährlich verfügbaren Tage, an denen gefischt werden kann. Des Weiteren zeigen die Fischbestände und die daraus abgeleiteten, maximalen Fangquoten erhebliche Schwankungen von Jahr zu Jahr.

In dem vorliegenden Beitrag wird gezeigt, dass ein mathematisches Optimierungsmodell eine Struktur realisieren lässt, die die Beziehungen zwischen Fischereiflotte und den wichtigsten Bedingungen angemessen abbilden kann. Problematisch ist jedoch die Ausstattung des Modells mit Daten, die es ermöglichen, nicht nur qualitative, sondern auch quantitative Aussagen zur Struktur und Größe der Fischereiflotte zu machen. Ein Hauptabschnitt dieses Beitrags ist der Gewinnung und Problematik der Daten und der Parameter gewidmet.

Insgesamt ist der Artikel wie folgt aufgebaut: Zunächst werden die Struktur des Grundmodells und einige deterministische Varianten dieses Modells dargestellt. Dann wird die Herkunft der Daten beschrieben und die Gewinnung der Modellkoeffizienten und -parameter diskutiert. Dabei wird auf Unzulänglichkeiten und eventuelle Verbesserungsmöglichkeiten eingegangen. Der letzte Hauptabschnitt dient zur Darstellung zweier stochastischer Varianten, die berücksichtigen, dass eine nachhaltige Anpassung der Flottenkapazität an variierende Fischereiquoten nur möglich ist, wenn die Variation der Fischereiquoten im Vorhinein mit in die Kalkulation einbezogen wird.

## Das deterministische Grundmodell und Varianten zur Analyse der deutschen Fischereiflotte

### *Der Aufbau des Grundmodells*

Das Grundmodell zur Bestimmung der „optimalen“ deutschen Fischereiflotte ist als deterministisches, gemischt ganzzahliges, lineares Modell formuliert. Lineare Modelle sind ein in den Wirtschaftswissenschaften und insbesondere in der Agrarökonomie vielfach eingesetztes Instrument zur Berechnung einzelbetrieblicher und sektoraler Optima (Dantzig 1966). Die Methode ist besonders geeignet zur Erfassung wirtschaftlicher Aktivitäten in Raum und Zeit (Judge und Takayama 1973). In der Fischereiökonomie ist die lineare Programmierung wiederholt zur Bestimmung der Flottengröße oder von speziellen Flottensegmenten eingesetzt worden, so z.B. von El-Basiony (1987), Frost (1995), Frost und Vestergaard (1996), Klepper und Lasch (1998), Mardle et al. (1999), Pan et al. (1999).

Eine Version des im folgenden beschriebenen Grundmodells wurde von Brodersen, Campbell und Hanf (1998) verwendet. Dieses Modell ist in seiner Struktur relativ einfach aufgebaut. Es besteht aus einer Zielfunktion, in der der Gewinn der Fischereiflotte maximiert wird. Die Gewinne werden von zwei Arten von Aktivitäten beeinflusst. Einerseits sind Aktivitäten formuliert, die Schiffe für die Fischerei zur Verfügung stellen, und andererseits solche Aktivitäten, die die zur Verfügung gestellten Fangkapazitäten zum Fischfang nutzen. Die letzteren Aktivitäten sind durch zwei Arten von Beschränkungen limitiert. Zum einen durch die verfügbaren Fangkapazitäten, die im Modell endogen bestimmt werden, und zum anderen durch die exogen vorgegebenen Fangquoten, die nicht überschritten werden dürfen.

### *Die Zielfunktion*

Die Zielfunktion ist in der Grundversion die sektorale Gewinnmaximierung, wobei angenommen wird, dass die Fischer sich als Mengenanpasser verhalten. Es wird somit unterstellt, dass die Preise für Fische und für benötigte Betriebsmittel exogen festgelegt werden und die einzelnen Fischer diese nicht durch Mengenvariation beeinflussen können. Damit ist der sektorale Gewinn als die Differenz aus der Summe aller Fischverkäufe und der Summe aller Kosten definiert. Die Kosten ergeben sich aus den fixen Kosten der für die Fischerei eingesetzten Schiffe (Abschreibungen, Zinsen bzw. Zinsansprüche, Unternehmerlohn etc.) und der Summe der variablen Kosten, die bei den einzelnen Fangfahrten entstehen (Arbeitsentgelte, Verbrauchsmaterial, Treib- und Schmierstoffe etc.).

Es wurden auch Varianten des Grundmodells berechnet, die sich in dem unterstellten Optimierungsziel unterscheiden. In Variante 1 werden die Gesamtkosten der Flotte unter der Nebenbedingung minimiert, dass die Fischereiquoten erfüllt werden. Mit Variante 2 wird berechnet, wieviel Fischereiunternehmen bei den gegebenen nationalen Fangquoten maximal existieren können, ohne dass Verluste entstehen. Hier wird die Zahl der eingesetzten Schiffe maximiert. In den im letzten Abschnitt beschriebenen stochastischen Varianten wird der Erwartungswert des Gewinnes maximiert, wobei sich dieser als Durchschnitt der Gewinne aus den berücksichtigten Jahren errechnet.

### *Die Aktivitäten*

Im Modell sind zwei Arten von Aktivitäten vorgesehen. Die Aktivitäten vom Typ a) dienen dazu „Fischereischiffe zum Fischfang zur Verfügung zu stellen“. Dabei unterscheiden sich diese Aktivitäten vom Typ a) nach Größe und Art der Schiffe sowie der technischen Ausstattung. Es wird zudem unterschieden, ob diese Schiffe in der Nord- oder der Ostsee ihren Heimathafen haben.

Die Aktivitäten vom Typ a) können nur ganzzahlig realisiert werden. Insgesamt sind 20 Aktivitäten dieser Art im Modell berücksichtigt und zwar kleine Kutter mit fünf verschiedenen Ausstattungen an Fanggeräten, mittlere Kutter in zwei und große Kutter in drei Versionen. Diese zehn Kuttertypen wurden sowohl mit Heimathafen Nordsee als auch Ostsee formuliert. Bei der Realisierung einer dieser Aktivitäten wird die Zielfunktion mit Fixkosten je nach Art des Schiffes und der Ausstattung belastet. Dafür stellt die entsprechende Aktivität dann Fangkapazität in Form von Fangtagen in den einzelnen Monaten zur Verfügung.

Mit dem Typ b) von Aktivitäten wird das Durchführen von Fangreisen modelliert. Es werden Fangreisen von einem, zwei und drei Tagen berücksichtigt, darüber hinaus auch einige längere Fangreisen für große Kutter. Für jede Fangreise wird eine Fischart als Fangziel definiert. Es werden Fangreisen mit dem Fangziel Dorsch bzw. Kabeljau, Hering und Plattfisch unterschieden sowie einige spezielle Reisen, die dem Lachsfang dienen. Da die Reisen nach Fanggebieten und nach Monaten differenziert werden, ergibt sich eine große Zahl, und zwar 1072, dieser Aktivitäten.

Zur Vereinfachung des Modells wurden die Aktivitäten vom Typ b) als beliebig teilbar angenommen. Die Realisierung einer Einheit dieser Fangreiseaktivitäten erhöht den Zielfunktionswert um den Verkaufserlös der Fangreise abzüglich der variablen Kosten. Die Realisierung dieser Aktivitäten ist aber nur zulässig, wenn die Fangkapazität von dem korrespondierenden Typ a) angeboten wird und noch ausreichend Fangquoten für die betreffenden Fischarten zur Verfügung stehen.

#### *Die Beschränkungen*

Es sind zwei Arten von sachlichen Beschränkungen modelliert und zwar die endogen bestimmten Beschränkungen der Zahl der maximal zur Verfügung stehenden Fangtage pro Monat (Beschränkungen Typ I) und die exogen vorgegebenen Beschränkungen durch Fangquoten (Beschränkungen Typ II). Neben diesen Beschränkungen sind die üblichen „Nichtnegativitätsbedingungen“ formuliert. Für die Aktivitäten vom Typ a) wird darüber hinaus gefordert, dass sie nur ganzzahlig realisiert werden.

Die Kapazität der für Fangreisen zur Verfügung stehenden Fangtage wird modellintern erzeugt. Jede Realisierung einer Aktivität vom Typ a) stellt eine bestimmte Zahl von möglichen Fangtagen in jedem Monat zur Verfügung, wobei die Fangkapazitäten nach Schiffstypen unterschieden werden. Da es 20 solcher Aktivitäten vom Typ a) gibt, die bei einer Realisierung Kapazitäten jeweils in allen 12 Monaten schaffen, umfasst der Typ I der Beschränkungen 240 Ungleichungen. Die Gesamtheit der

Tage der Fangreisen, die mit einem bestimmten Schiffstyp in einem Monat durchgeführt werden, darf maximal so groß wie die Zahl der zur Verfügung gestellten Kapazität in Tagen sein.

Die exogenen Beschränkungen (Typ II) stellen sicher, dass bei Fangfahrten nicht mehr Fische der einzelnen Arten gefangen (angelandet) werden als gemäß der nationalen Quoten zulässig sind. Insgesamt werden in der Untersuchung 11 Fischarten mit Quoten als Fangziel oder als Beifang berücksichtigt. Da zum Teil die Quoten für Fanggebiete getrennt ausgewiesen sind, ergeben sich 25 Beschränkungen dieses Typs II.

#### *Die mathematische Formulierung des Grundmodells und verschiedene Modellvarianten*

Das Grundmodell der Fischereiflotte umfasst die Fangaktivitäten  $x$  (Typ a) und die Aktivitäten zur Bereitstellung von Fangschiffen  $y$  (Typ b), wobei der Gewinn  $p$  maximiert wird, der sich als Differenz aus den Verkaufserlösen der Fische und den Gesamtkosten der Fischerei ergibt ( $Z_0$ ). Dabei sind die Fangaktivitäten  $x$  durch die zur Verfügung gestellten Kapazitäten beschränkt [Nebenbedingungen (1), Typ I] und durch die maximal zulässige Fangmenge einzelner Fischarten [Nebenbedingung (2), Typ II].

In Variante 1 werden anstelle der gesamten Fischereigerinne die gesamten Fischereikosten minimiert ( $Z_2$ ). Da die minimalen Kosten trivialerweise dann erreicht werden, wenn überhaupt kein Fischereiaufwand betrieben wird, muss in dieser Version eine Mindestfangmenge definiert werden. Anstelle der Höchstmengenbegrenzungen (2) treten deswegen die Mindestmengenbeschränkungen (2a) in Kraft.

In der Variante 2 soll überprüft werden, wieviele Fischereiboote bei den gegebenen Fangquoten auf Dauer wirtschaftlich überlebensfähig sind. Dazu wurde die Zahl der Schiffe maximiert ( $Z_2$ ) unter den zusätzlichen Nebenbedingungen (4), dass die verschiedenen Schiffstypen ihre Gesamtkosten einschließlich eines angemessenen Unternehmerlohnanspruchs durch die Verkaufserlöse aus den Fängen decken können.

## **Datengrundlage und Datenauswertung**

### *Datenquellen*

Die verschiedenen Varianten können ebenso wie das Grundmodell nur dann zu sinnvollen und annähernd realistischen Aussagen für die anzustrebende Flottenstärke führen, wenn die Datenbasis der Modelle die Wirklichkeit hinreichend wiedergibt. Dazu soll im Folgenden die Datenbasis und die Aufbereitung der Daten zu Modellparametern diskutiert werden.

**Grundmodell**

$$(Z0) \quad \max \pi = \sum_i \sum_j (v_{ij} - c_{ij}) x_{ij} - \sum_i f_i y_i$$

$$(1) \quad \sum_j a_{ijt} x_{ij} - b_{it} y_i \leq 0 \quad \text{für alle } i \text{ und } t$$

$$(2) \quad \sum_i \sum_j q_{ijk} x_{ij} \leq Q_k \quad \text{für alle } k$$

$$(3a) \quad x, y \geq 0;$$

$$(3b) \quad y : \text{ ganzzahlig}$$

x:	Fangkapazität	i:	Typ des Schiffes
y:	Bereitstellung von Schiffen	j:	alle anderen Fangunterscheidungen
Q:	Quote	k:	Fischarten mit Quoten
		t:	Monat
v:	Verkaufserlöse	a:	benötigte Fangzeit in Tagen
c:	variable Kosten	b:	Fangkapazität in Tagen
f:	fixe Kosten/Schiff	q:	quotenwirksame Fangmenge

**Variante 1:**

$$(Z1) \quad \min C = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} - \sum_i f_i y_i$$

$$(1) \quad \sum_j a_{ijt} x_{ij} - b_{it} y_i \leq 0 \quad \text{für alle } i \text{ und } t$$

$$(2a) \quad \sum_i \sum_j q_{ijk} x_{ij} \geq Q_k \quad \text{für alle } k$$

$$(3a) \quad x, y \geq 0$$

$$(3b) \quad y : \text{ ganzzahlig}$$

**Variante 2:**

$$(Z2) \quad \max Z = \sum_i y_i$$

$$(1) \quad \sum_j a_{ijt} x_{ij} - b_{it} y_i \leq 0 \quad \text{für alle } i \text{ und } t$$

$$(2) \quad \sum_i \sum_j q_{ijk} x_{ij} \leq Q_k \quad \text{für alle } k$$

$$(4) \quad \sum_j (v_{ij} - c_{ij}) x_{ij} - f_i y_i \geq 0 \quad 0 \text{ für alle } i$$

$$(3a) \quad x, y \geq 0$$

$$(3b) \quad y : \text{ ganzzahlig}$$

Grundlage der Kostenuntersuchung war eine Stichprobe von ca. 100 Schiffen, die zur kleinen Hochsee- und Küstentischereiflotte gehören. Von den Unternehmen lagen Jahresabschlüsse mit Bilanzen und Gewinn- und Verlustrechnung für den Zeitraum 1991 bis 1994 vor. Als Zusatzinformationen konnten die wesentlichen Schiffscharakteristika verwendet werden. Es lagen im Einzelnen vor: Länge, Tonnage und Baujahr des Schiffes, vorrangiges Einsatzgebiet, Anzahl der Fangtage, Anzahl der Besatzungsmitglieder, Anteil von Fisch und Krabben an den Fangerlösen. Es ist noch zu erwähnen, dass die untersuchte Stichprobe nicht in allen Jahren völlig gleich zusammengesetzt war, da jährlich etwa 10 % der Unternehmen wegen Betriebsaufgabe ausschieden und durch neue Unternehmen soweit wie möglich ersetzt wurden.

Als Grundlage zur Schätzung der Parameter der Produktionsfunktionen lagen die Logbuchaufzeichnungen von 86 Schiffen aus vier Erzeugergemeinschaften für die Jahre 1995 und 1996 vor. Die untersuchten Schiffe haben ausschließlich Seefisch und keine Krabben gefangen. Es waren die Aufzeichnungen von insgesamt 5714 Fahrten verfügbar. Die Fahrtedauer lag zwischen 1 Tag und 25 Tagen, wobei der weitaus größte Anteil weniger als 4 Tage auf See war. Das Fangergebnis wurde nach 24 Fischarten ausgewertet, als 25. Art wurde „sonstige Fänge“ mit aufgenommen. Elf dieser Fischarten waren mit Quoten belegt.

#### **Schätzung der fixen und variablen Kosten (Kostenarten $c$ und $f$ )**

In dem mathematischen Programmierungsmodell werden sowohl die variablen Kosten je Fangreise benötigt als auch die fixen Kosten der Fangschiffe. Die letztere Kategorie kann weitgehend direkt aus den vorliegenden Jahresabschlüssen abgeleitet werden. Die Kapitalkosten können dabei nicht entsprechend der unterschiedlichen Fangausstattung differenziert werden, da diese nicht in den Unterlagen für die Jahresabschlüsse ausgewiesen war. Zur Differenzierung der Kapitalkosten nach Fangausstattung wurden daher Ansätze aus verschiedenen Quellen übernommen.

Bei den variablen Kosten sind proportionale und disproportionale zu unterscheiden. Die proportionalen Kosten verändern sich mit der Dauer der Fangreise oder mit der Entfernung, die zum Fanggebiet zurückgelegt werden muss. Disproportionale variable Kosten treten nur einmal per Fangreise auf.

Um aus dem vorliegenden Datenmaterial realitätsnahe Kostenschätzungen zu erhalten, mussten alle Einzelpositionen sorgfältig geprüft und differenziert betrachtet werden. Es werden insgesamt vier Kostenpositionen unterschieden:

- a) feste Kosten pro Schiff in Abhängigkeit von der Größe (z. B. Abschreibung)
- b) disproportionale Kosten pro Fangfahrt (z. B. Anlandegebühren)
- c) variable Kosten in Abhängigkeit von der Dauer der Fangreise (z. B. Lohnkosten)
- d) variable Kosten in Abhängigkeit von der Länge der Fangreise (z. B. Treibstoff).

Die variablen Kosten b) bis d) werden entsprechend der jeweiligen Spezifikation von  $i$  und  $j$  den Aktivitäten  $x_{ij}$  als  $c_{ij}$  zugeordnet. Die Fixkosten pro Schiff a) werden den Aktivitäten  $y_i$  als  $f_i$  zugeordnet.

#### **Schätzung der Fangmengen $q$ und Verkaufserlöse $v$**

Zur Bestimmung der Fangmengen wurde davon ausgegangen, dass jede Fangreise eine bestimmte Fischart als Fangziel aufwies und dass diese Fischart bei den untersuchten Fangreisen den größten Teil der angelandeten Fische einnahm. Wenn man die 5714 Fangreisen nach dem größten Fischanteil separiert, erwiesen sich 4122 dieser Fangfahrten als Fangreise nach Dorsch bzw. Kabeljau. Bei 1302 Fangreisen stellten Plattfische den größten Anteil am Fang (Butt, Scharbe, Scholle, Seezunge, Struvbutt) und bei 228 war es der Hering. Andere Fischarten wie Lachs, Seelachs und Pollack wiesen bei den restlichen Fangreisen den jeweils größten Anteil auf.

Die Fischart mit dem größten Anteil wurde als abhängige Variable in einer Schätzfunktion (Produktionsfunktion) verwendet, und zwar definiert als angelandete Menge pro Tag Fangreise. Es wurden reduzierte Produktionsfunktionen geschätzt, die folgende exogene Variable in logarithmierter Form umfassten: Größe des Schiffes, Alter des Schiffes, Dauer der Fangreise. Außerdem wurden noch als erklärende Variablen Dummies verwendet für das Fischgebiet, den Typ des Schiffes und der Ausstattung, den Monat und das Jahr der Fangreise. Es wurden Produktionsfunktionen für Dorsch (Kabeljau), Hering, Plattfisch, Lachs und Seelachs geschätzt. Auf der Basis dieser Funktionen wurde dann für jede Aktivität  $x_{ij}$  die entsprechende Fangmenge des Zielfisches bestimmt.

In einem zweiten Schritt wurde die Menge der angelandeten übrigen Fische mit einer entsprechenden Beifangproduktionsfunktion geschätzt. Auch hier wurde die Beifangmenge pro Fangtag berechnet und als abhängige Variable verwendet. Als unabhängige Variable wurden wieder in logarithmierter Form die Größe und das Alter des Schiffes sowie die Dauer der Fangreise einbezogen. Dummyvariablen wurde für das Fischgebiet, für Typ und Ausstattung des Schiffes und für Monat und Jahr der Fangreise formuliert. Damit wurden Beifangfunktionen für Dorsch, Hering und Plattfisch geschätzt. Für Lachs- und Seelachsfangfahrten konnten wegen der geringen

Datenmenge keine signifikanten Beifangfunktionen bestimmt werden. Hier wurde die durchschnittliche Beifangmenge berücksichtigt.

Zur Berechnung der Verkaufserlöse  $v_{ij}$  wurde sodann bestimmt, wie groß der prozentuale Anteil der einzelnen Fischarten am gesamten Beifang war. Die Anteile wurden für die Fangreisen nach Zielarten und Fanggebieten getrennt bestimmt, eine weitere Differenzierung wurde nicht vorgenommen. Die Verkaufserlöse  $v_{ij}$  jeder Fangaktivität wurden dann aus der Menge der Hauptfischart und aus der Menge aller Fische im Beifang unter Hinzuziehen der Durchschnittspreise der Fischarten in den einzelnen Monaten bestimmt.

### **Zur Kritik der Datenbasis**

Die beiden wesentlichen Datenquellen, die für die Untersuchungen zur Verfügung standen, waren:

- die Buchführungsdaten von ca. 100 Fischereiunternehmen und
- die Logbuchaufzeichnung über ca. 5700 Fangreisen.

Diese Datenquellen bieten prinzipiell eine außerordentlich gute Basis zur Ableitung der notwendigen Modelldaten. In dem hier beschriebenen Modell konnten auch plausible Koeffizienten daraus abgeleitet werden, die für den Modellierungszweck ausreichen. Sollen jedoch mit den Modellen Ergebnisse erzielt werden, die differenzierte, quantitative Aussagen für den Fischereisektor und für die Fischereipolitik erlauben, muss die Datenbasis wesentlich verbessert werden. Vor allem folgende Faktoren beeinträchtigen die Aussagefähigkeit:

- a) Die verfügbare Stichprobe stellte keine repräsentative Zufallsstichprobe der Fischerei-flotte dar. Das traf sowohl für die Buchführungsdaten zu als auch für die Logbuchaufzeichnungen.
- b) Die Daten waren weitgehend veraltet. Die verwendeten Buchführungsdaten waren beinahe 10 Jahre alt, so dass Daten vieler Fischereiunternehmen mit berücksichtigt wurden, die zum Zeitpunkt der Untersuchung gar nicht mehr existent waren.
- c) Es konnten nur Logbuchaufzeichnungen von zwei Jahren ausgewertet werden. Da die Fischbestände und das Wetter erhebliche Veränderungen von Jahr zu Jahr aufweisen, geben zweijährige Aufzeichnungen kein gutes Bild von der Variation der Bedingungen. Um die Spannweite einigermaßen erfassen zu können, wäre eine Stichprobe von mindestens 10 Jahren notwendig.
- d) Durch Berücksichtigung von zusätzlichen Statistiken und sonstigen Informationsquellen, vor allem durch Hinzuziehen von Expertenwissen, könnten die Daten noch erheblich realitätsnäher geschätzt werden.

## **Stochastische Modellvarianten**

### **Zur Berücksichtigung stochastischer Bedingungen**

Unser Wissen über die Entwicklung von Fischpopulationen ist noch weitgehend unvollständig und ziemlich vage (Andersen und Sutinen 1984; Laevestu und Favorite 1988). Insbesondere ist noch weitgehend unerforscht, wie sich die einzelnen Fischpopulationen in ihrer Entwicklung gegenseitig beeinflussen. Auch die Auswirkungen vieler exogener und endogener Faktoren auf die Bestandsdynamik sind noch nicht hinreichend erforscht (Armason 1990). Trotz dieser Unsicherheiten und Unwägbarkeiten müssen wir – wie in allen anderen Wirtschaftsbereichen – Prognosen über die zukünftigen Bestände und über die Bestandsentwicklung machen, um Entscheidungen über fischereiwirtschaftliche und fischereipolitische Maßnahmen auf eine „rationale“ Basis zu stellen (Cushing und Walsh 1995). Dabei bezeichnet Rationalität hier nicht das theoretische Konstrukt eines vollständig informierten Wirtschaftssubjektes, sondern meint das praktische Handeln nach bestem Wissen unter Berücksichtigung der intellektuellen, zeitlichen und geldlichen Beschränkungen, denen wir unterworfen sind (Hanf und Müller 1997). Das bedeutet konkret, dass man die vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse, die man über die Populationsentwicklung und deren beeinflussende Faktoren hat, bei der Ableitung „optimaler“ Entscheidungen der Fischereipolitik berücksichtigen muss. Dies ist aber keineswegs ausreichend, denn wir wissen darüber hinaus, dass der sich realisierende Wert vom prognostizierten Wert mehr oder weniger stark abweichen wird. Dieses Wissen sollten wir bei politischen Entscheidungen und Modellen zur Entscheidungsunterstützung ebenfalls nutzen, da eine systematische Nichtbeachtung des potentiellen Abweichens eine klare Abweichung von der (praktischen) Rationalität wäre (Conlisk 1996).

So wie die Kenntnisse der Fischbestandsentwicklung auf Beobachtungen in der Vergangenheit basieren, so können die Abweichungen der Vergangenheit als erste Schätzungen für die möglichen Abweichungen in der Zukunft dienen. Man würde dann zumindest von einer Punktprognose zu einer stochastischen Prognose übergehen.

Die Berücksichtigung stochastischer Bedingungen in Modellen zur Entscheidungshilfe vergrößern und komplizieren diese nicht unerheblich (Hanf 1986). Damit steigt der Aufwand zur Formulierung und Interpretation der Modelle und auch der Rechenaufwand. Man muss daher stets abwägen, welche der Unsicherheiten so gravierend sind, dass diese bei der Modellierung zu beachten wären. Des weiteren ist es von Bedeutung, ob eine nachträgliche Anpassung effizient möglich ist oder

Tabelle 1: Ergebnismatrix des 2-stufigen, stochastischen Flottenmodells mit 3 Jahren als Basis.

	Quoten für deutsche Fischerei			Erwartungswert der Gewinne
	wie 1991	wie 1992	wie 1993	
	Gewinne insgesamt			
y 91	....	....	....	....
y 92	....	....	....	....
y 93	....	....	....	....
Eintreffenswahrscheinlichkeit	0,33	0,33	0,33	

ob der Unsicherheit nur prophylaktisch wirkungsvoll begegnet werden kann.

Letzteres trifft sicherlich auf die Variation der Fischbestände und der daraus abgeleiteten Fischereiquoten zu. Auf diese Schwankungen ist in erster Linie durch die Wahl der Struktur und Größe der Flotte zu reagieren. Eine kurzfristige Reaktion auf die im Jahresrhythmus festgelegten nationalen Quoten kann jedenfalls nicht erfolgen, da die Fischereischiffe eine langfristige und sehr spezifische Anlage darstellen (Collins und Hanf 1998). Deswegen sollen im Folgenden Modellvarianten beschrieben werden, die geeignet sind, die Variation der zulässigen Fangquoten angemessen zu berücksichtigen.

**Ein zweistufiges, stochastisches Modell**

Zur Berücksichtigung der Schwankungen der Fischereiquoten wird zunächst ein zweistufiges stochastisches Modell formuliert. Es ist ein übliches Verfahren, sich an den Schwankungen vergangener Jahre zu orientieren und die Vergangenheit quasi als Prognose der Zukunft zu nehmen. Diese Annahme ist bei Fischereiquoten allerdings problematisch, da das internationale Bewusstsein für den Erhalt der Fischbestände in der Vergangenheit nicht sehr ausgeprägt war und sich erst in den letzten Jahren als Standard etabliert hat (Wolfrum 1978). Zur Abschätzung der potentiellen Quotenvariation sollten daher zusätzlich die Bestandsvariation über einen größeren Zeitraum mit herangezogen werden.

In der ersten Stufe des stochastischen Modells wird für jede der formulierten zehn Quotensituationen die Grundversion des deterministischen Modells durchgerechnet. Dadurch erhält man zehn „optimale“ Organisationen der Flotte, die sich in der Zahl und Größe der Schiffe sowie in der Ausstattung unterscheiden.

Die in der ersten Stufe berechneten optimalen Strukturen der Flotte sind Ausgangspunkt für die Rechnungen auf der zweiten Stufe. Jeder dieser zehn Strukturen wird mit allen 10 Quotenvariationen durchgerechnet, wobei die Struktur der Flotte als fix angenommen und vorgegeben wird. Es wird für eine jeweils gegebene Struktur der Flotte die bestmögliche Anpassung an andere Quotenbedingungen berechnet. In Tabelle 1 ist die Struktur

einer Ergebnistabelle wiedergegeben, in der die Ergebnisse eingetragen werden können. Die Zeilen geben die Flottenstruktur an, mit der gerechnet wurde, und die Spalten die den Rechnungen zu Grunde liegenden Quoten wieder. Diese Ergebnistabelle wird noch um eine Zeile ergänzt, die die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens der Quotenbedingungen der betreffenden Spalte wiedergibt. Bei Jahresdaten unterstellt man gewöhnlich, dass sie gleiche Eintreffenswahrscheinlichkeit haben. In einer zusätzlichen Spalte wird der Erwartungswert des Ergebnisses berechnet, der sich als Summe der Produkte aus dem Ergebniswert und der entsprechenden Wahrscheinlichkeit ergibt.

**Eine einstufige Version des stochastischen Modells**

Neben der im vorausgehenden Abschnitt besprochenen zweistufigen Variante kann das stochastische Problem auch einstufig gelöst werden. Bestimmte Vor- und Nachteile sind mit jeder Vorgehensweise verbunden, die man gegeneinander abwägen muss.

Beispielsweise werden die resultierenden Optimallösungen nicht übereinstimmen, da beim zweistufigen Verfahren zwangsweise eine der Flottenstrukturen als optimal gilt, die auch in einem bestimmten Jahr optimal ist. Diese Einschränkung des Lösungsraumes wird beim einstufigen Verfahren nicht notwendig, so dass c. p. die Lösung des einstufigen Verfahrens vorzuziehen wäre. Man muss dabei allerdings bedenken, dass das Rechenmodell bei einstufiger Modellierung erheblich größer wird als bei der absetzigen zweistufigen Ausführung.

Die Grundversion des deterministischen Modells umfasst 20 Aktivitäten des Typ a) und 1072 Aktivitäten des Typs b). In dem einstufigen stochastischen Modell müssten die Aktivitäten des Typs für jedes der zehn Jahre getrennt formuliert werden, so dass dieses Modell knapp 11 000 Aktivitäten umfassen würden. Vergleichbares gilt für die Zahl der Beschränkungen, die auch um das 10fache erhöht werden müssten, also 2650 Beschränkungen anstatt 265. Andererseits ergibt sich auch eine Einsparung an Rechenaufwand, da das einstufige Modell im Prinzip nur einmal berechnet werden muss, wohingegen bei absetziger Kalkulation 100 Optimierungsläufe durchzuführen sind.

Wir haben uns für das zweistufige Bestimmungsverfahren entschieden, da mit der uns zur Verfügung stehenden Programmversion von GAMS eine Optimierung bei einer Matrixgröße von mehr als  $10\,000 \times 2500$  äußerst problematisch erschien.

### **Erste Ergebnisse der Modellanwendung**

Erste Berechnungen mit diesem Modell wurden von Brodersen, Campbell und Hanf (1998) durchgeführt. Die Rechenläufe dienten vor allem dazu, das Modell zu testen und zu prüfen, ob die von uns ermittelten Parameter plausible und interpretierbare Ergebnisse erzeugen.

Es zeigte sich unseres Erachtens, dass das Datenmaterial und die Vorgehensweise zu akzeptablen Resultaten führen. Sollen jedoch quantitative, präzise Aussagen zur deutschen Fischereiflotte gemacht werden, so erfordert dies vollständige Daten und vor allem repräsentative Stichproben als Grundlage. Unsere Datengrundlage ist zu sehr an Schleswig-Holstein und der Ostseefischerei orientiert. Es wäre sicher auch sinnvoll und notwendig, die Krabbenfischerei simultan mit einzubeziehen.

Eine weitere Schwäche der Untersuchung ist in der Bestimmung der Fangkapazitäten zu sehen. Wir haben die verfügbaren Fangtage aus den Logbuchaufzeichnungen abgeleitet. Wir konnten so für die einzelnen Schiffe feststellen, wieviel Tage im Monat sie auf See waren. Es ist aber durchaus anzunehmen, dass nicht an allen Tagen, die nicht dem Fischfang gewidmet waren, die Bedingungen es nicht erlaubt hätten zu fischen. Die Zahl der maximal möglichen Fangtage ist sicher höher als die Zahl der ausgewiesenen Fangtage.

Aus den genannten Gründen wird hier nicht auf die Ergebnisse eingegangen. Ein interessantes Ergebnis sei jedoch kurz vermerkt. Unsere deterministischen Analysen bestätigten Frosts Ergebnisse, dass die deutsche Fischereiflotte etwa doppelt so groß sei wie notwendig (Frost 1995). Wenn man jedoch die Unsicherheit bzw. die Bestands- und Quotenvariation durch ein stochastisches Modell mit einbezieht, schrumpft dieser Kapazitätsüberhang erheblich.

### **Zusammenfassung und Schlussfolgerung**

In dem Beitrag wurde ein mathematisches Optimierungsmodell der deutschen Kleinen Hochsee- und Küstenfischerei skizziert und dessen Datengrundlage beschrieben. Das Modell und die Parameter, Koeffizienten und sonstigen notwendigen Daten wurde von Brodersen, Campbell und Hanf in den Jahren 1994 bis 1998 erarbeitet. Es zeigte sich, dass ein solches Modell flexibel genug ist, um bei entsprechender Anpassung auf viele und sehr unterschiedliche politische Fragestellun-

gen erfolversprechend angewendet werden zu können. Die wirtschaftlichen Konsequenzen von Maßnahmen der Fischereipolitik können ebenso quantitativ einigermaßen zutreffend abgeschätzt werden wie die Wirkungen technischer Fortschritte oder steigender Unsicherheiten.

Schließlich konnte gezeigt werden, dass prinzipiell die verfügbare Datengesamtheit eine gute Grundlage für fischereiökonomische und fischereipolitische Untersuchungen bietet. Allerdings bedarf es einer konsequenten und kompetenten Bearbeitung dieser Datenquellen, um schnell die benötigten Informationen verfügbar zu machen. Die Daten aus der Statistik sind zur realistischen Abbildung des Fischereisektors wertvoll. Sie gewinnen aber ihren vollen Wert erst durch Einbeziehung technologischen und faktischen Wissens von Experten aus der Fischwirtschaft, der Fischereibiologie und der technologischen Fischereiforschung.

### **Zitierte Literatur**

- Andersen, P.; Sutinen, J. G.: Stochastic Bioeconomics: A Review of Basic Methods and Results. *Marine Resource Economic*, 1: 117–136, 1984.
- Armason, R.: Minimum Information Management in Fisheries. *Economics*, 23: 630–653, 1990.
- Brodersen, C. M.; Campbell, H. F.; Hanf, C.-H.: Adjusting Fleet Size and Structure to Catch Quotas: a Mathematical Programming Model of the German North Sea and Baltic Fisheries. In: Eide, A.; Vassdal, T.: *Proc. IIFET'98*, Tromsø 1998.
- Collins, R.; Hanf, C.-H.: Evaluation of Farm Investments: Biases in Net-Present Value Estimates from Using Quasi-Deterministic Models in an Uncertain World. *Rev. Agricult Finance*, 58, 1998.
- Conlisk, J.: Why bounded rationality? *Economic Literature* 34: 669–700, 1996
- Cushing, D. H.; Walsh, J. J. (eds.): *Population production and regulation in the sea: a fishery perspective*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- Dantzig, G. B.: *Lineare Programmierung und Erweiterungen (deutsche Übersetzung)*, Berlin u. a.: Springer, 712 S., 1966.
- El-Basiony, El-Said: *Entwicklungsmöglichkeiten der Fischwirtschaft in Ägypten – Eine empirische Analyse*. Dissertation Universität, Kiel, 1987.
- Fischler, F.: Reform of the Common Fisheries Policy. Speech to the Advisory Committee for Fisheries, Brussels, 28 June 2002. [http://europa.eu.int/comm/fisheries/news\\_corner/discours/speech30\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/fisheries/news_corner/discours/speech30_en.htm)
- Frost, H.: The Capacity of the Baltic Fleet in Relation to the Available Resources. *Baltic Fisheries, an integrated view*. Proc. Conference on Baltic Fisheries, Warnemünde, 14–16 November 1994. The European Commission. South Jutland University Centre, DIFER, Working Paper WP1/94, 1995.



- Frost, H., Vestergaard, N.: An operational approach to assess management regulation subject to different management objectives. ICES C.M. 1995. (ICES conference paper). South Jutland University Centre, DIFER, Working Paper WP5/96, 1996.
- Hanf, C.-H.: Entscheidungslehre. München: Oldenbourg, 193 S., 1986
- Hanf, C.-H.; Müller, R. A. E.: Schlüsselaktivitäten betrieblicher Anpassung: Informationbeschaffung, Wissensakquisition, Erwerb von Fertigkeiten. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., 33: S. 207–218, 1997.
- Judge, G.; Takayama, T. (eds.): Studies in Economic Planning over Space and Time. Contributions to economic analysis Bd. 82, Amsterdam, London: North-Holland Publ. Co., 727 S., 1973.
- Klepper, R.; Lasch, R.: A Simulation model for the Measurement of Economic Impacts in Specific Fleet Sectors. In Eide, A.; Vassdal, T.: Proc. IIFET'98 Tromsø, 239 S., 1998.
- Laevastu, T., Favorite, F. (eds.): Fishing and stock fluctuations. Farnham (England): Chapman & Hall, 1992.
- Mardle, S.; Pascoe, S.; Tamiz, M.; Jones, D.: Resource allocation in the north sea: an application of multi-objective programming. Ann. Operations Res., 1999.
- Pan, M.; Leung, P. S.; Ji, F.; Nakamoto, S.; Samuel, G.: A multilevel and multiobjective programming model for the Hawaii fishery: Model documentation and application results. SOEST Publication 99–04, JIMAR Contribution 99–324, 1999.
- Wolfrum, R.: Die Fischerei auf Hoher See. Z. ausländ. öffentl. Recht Völkerrecht, 38: S. 657–675, 1978.
-