

# Gewinnmaximierung der Fischerei schützt den Dorsch der westlichen Ostsee vor Überfischung – Nur ein theoretischer Ansatz ?

## Maximisation of profit in fishery protects cod in the western Baltic against overfishing – Only a theoretical approach ?

Eckhard Bethke

Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Fischereitechnik und Fischereiökonomie, Palmaille 9, 22767 Hamburg, Germany  
eckhard.bethke@ifh.bfa-fisch.de

In den letzten Jahren entwickelte sich die Fischerei weltweit zu einem global operierenden, marktorientierten und dynamischen Sektor der Ernährungswirtschaft. Rahmenbedingungen für die langfristige und nachhaltige Nutzung der Fischereiresourcen werden politisch vorgegeben und sind im Verhaltenskodex für verantwortungsvolle Fischerei der FAO und dem Grünbuch der Europäischen Kommission formuliert. Trotz weltweiter Bemühungen gelang es jedoch nicht, Fischbestände vor Überfischung zu schützen. Die international festgelegten Schutzmaßnahmen griffen nur unzureichend. Eine nachhaltige und umweltverträgliche Nutzung der lebenden aquatischen Ressourcen ist jedoch eine Grundvoraussetzung für eine langfristig gewinnbringende Fischerei. Um diesem Ziel näher zu kommen und im internationalen Wettbewerb bestehen zu können, sind neue Ansätze für die Fischereibewirtschaftung dringend erforderlich, wobei es Bestandserhaltungs- und natürlich auch Umweltschutzaspekte zu berücksichtigen gilt. Durch einen neuartigen Managementansatz ergäben sich ökonomische und ökologische Vorteile. Der Titel des Beitrages klingt provokant, aber durch Modellrechnungen wird nachgewiesen, dass der stark überfischte Dorschbestand der Ostsee durch einen, auf langfristigen Maximalprofit orientierten Befischungsmodus besser geschützt wird, als durch den zurzeit verwendeten Vorsorgeansatz.

### Einleitung

„Das wesentliche Ziel einer Fischereipolitik, wie es im Verhaltenskodex für verantwortungsvolle Fischerei der FAO zum Ausdruck kommt, wird weltweit eigentlich kaum mehr angefochten: Es ist Aufgabe einer verantwortlichen Fischereipolitik, eine wirksame Erhaltung, Bewirtschaftung und Entwicklung lebender aquatischer Ressourcen unter gebührender Achtung des Ökosystems und der Artenvielfalt zu sichern, damit gegenwärtige wie auch künftige Generationen auf diese lebenswichtige Grundlage für Ernährung, Beschäftigung, Erholung, Handel und wirtschaftlichen Wohlstand zurückgreifen können“ (EC 2001). Diese politisch vorgegebenen Rahmenbedingungen enthalten neben ökologischen und sozialen Zielen auch ein ökonomisches Ziel. Hier soll insbesondere der ökonomische Teil beleuchtet werden. Obwohl Ansätze zur Erreichung ökonomischer Ziele bei der Bewirtschaftung von Fischbeständen seit langem bekannt sind, wurde dieses Problem noch nicht zufrieden stellend gelöst (Ernst et al. 2000). Bisherige Bemühungen, die Fischereierträge zu steigern und die Überfischung der Fischbestände zu verhindern, zielten auf die Verringerung der fischereilichen Sterblichkeit durch Begrenzung der Einsatzzeiten von Fangschiffen, die Verkleinerung der Fischereiflotte und die Vergabe von Fangquoten. Die Möglichkeit der Ertragssteigerung

durch Optimierung des Fangzeitpunktes wurde dabei übersehen, obwohl dies mit den gleichen Berechnungsmodellen möglich ist. Ein verwendetes Modell für die Ertragsoptimierung ist das Modell nach Thompson und

#### **Profit maximization in fishery protects cod of western Baltic Sea against overfishing – Only a theoretical approach ?**

The frame for the management of fish stocks politically given contains – apart from ecological and social goals – also an economic goal, which is considered here in particular. From the point of view of fishery enterprises the main management goal for the exploitation of fish stocks is the maximization of profit. There are models for the yield optimization since long time. They are mainly used so far to optimize fishing mortality. Here the Beverton and Holt yield model was used. Apart from the optimization of fishing effort the model was used to optimize age of first capture and thus mesh opening. Starting point of the considerations is a given age group of a fish stock. If this age group is completely fished the yield obtained from this age group is maximized. The investigations show that the term overfishing is not exclusively linked as frequently assumed with a too large fishing mortality, but likewise with a mismatch of the mesh opening. For the calculated example Baltic cod data are used. At present the cod is caught far from reaching its mass optimum. Therefore, the profit of fishery enterprises can in the long term be considerably increased by the optimization of the mesh opening. During the conversion from the state of the art to fishing with optimised mesh sizes, however, a loss of profit has to be expected. The title of the paper sounds provocative. However, the stock of the Baltic Sea cod is better protected by a long-term maximum-profit oriented exploitation than by the precautionary approach applied now.

Bell aus dem Jahre 1934. Aber auch das Ertragsmodell von Beverton und Holt (1957), eine Vereinfachung des Thompson-und-Bell-Modells, ist für qualitative Untersuchungen geeignet und wird im weiteren verwendet. Bisher wurde die Maschenweite meist so gewählt, dass zumindest die erstlaichenden Fische möglichst unbeschadet am Laichprozess teilnehmen können. Damit stellt sich die Frage, warum sie nicht mehrmals zur Reproduktion des Bestandes beitragen sollten; denn je größer die Maschenweite und je später die Fische gefangen werden, um so größer ist die Laicherbiomasse und damit die Wahrscheinlichkeit, dass ausreichend Nachwuchs erzeugt wird.

Am Beispiel des Dorsches der westlichen Ostsee soll die Frage beantwortet werden, wie der Fischereiaufwand und die Maschenöffnung und damit die Wachstumsdauer des Fisches bemessen sein müssen, um den Ertrag zu maximieren. Der Dorsch ist als Beispiel besonders gut geeignet, da er den weitaus größten Ertrag in der Grundfischerei der Ostsee liefert. Ausgangspunkt der Betrachtung ist eine mit Schleppnetzen befischte Altersgruppe (Kohorte) des Bestandes, die über ihre Lebenszeit begleitet wird. Die erzielten Ergebnisse können später auf alle weiteren Altersgruppen übertragen werden, da man davon ausgehen kann, dass die Beeinflussung zwischen den Gruppen gering ist. Eingangsgrößen bei der Optimierung der Maschenöffnung, aber auch des Fischereiaufwandes, sind biologische, fischereiliche und ökonomische Parameter.

## Datenbasis und Grundlagen

Biologische und fischereiliche Daten werden im internationalen Rahmen durch die nationalen Datenerhebungsprogramme erfasst, die vom ICES koordiniert werden. Die verwendeten Daten sind Mittelwerte der ICES-Gebiete 22, 23 und 24 der vergangenen Jahre (ICES 2002). Die Selektionseigenschaften der verwendeten Schleppnetze wurden verschiedenen internationalen Veröffentlichungen entnommen (Wileman 1992; Wileman et al. 1996, 1998). Die ökonomischen Daten über die Kostenstruktur der Kutterfischerei wurden aus einer EU-Studie abgeschätzt (Lasch 1996), die für die Berechnungen notwendigen Fischpreise sind Mittelwerte aus den Frischfischberichten des BLE (1989 – 2001).

Es wurden im einzelnen folgende Daten zugrunde gelegt:

- Länge ( $l$ ) des Fisches für  $t \rightarrow \infty$ ,  $l_{\infty} = 146$  cm
- Masse ( $m$ ) des Fisches für  $t \rightarrow \infty$ ,  $m_{\infty} = 36$  kg
- Längenwachstumsrate,  $k = 0,1$  Jahre<sup>-1</sup>
- Natürliche Sterblichkeit,  $M = 0,2$  Jahre<sup>-1</sup>
- Gegenwärtige fischereiliche Sterblichkeit,  $F_p = 1,0$  Jahre<sup>-1</sup>
- Selektionsfaktor (Normalmaschen),  $S_L = 3,28$
- Gegenwärtige Normalmaschenöffnung,  $i = 130$  mm
- Gegenwärtiger Anteil der Aufwandkosten an den Gesamtkosten,  $p_C = 0,25$

- Mittlerer Preis pro Masseinheit  $V = 1,29$  Euro/kg
- $l_{50}$  = Körperlänge einer Fischart, bei der 50 % der Tiere durch die Netzmaschen entkommen können

Zwischen dem Schlüpfen und dem Erreichen des ersten Lebensjahres stirbt der größte Teil der Jungdorsche durch Räuber oder durch ungünstige Umwelteinflüsse. Nach dem ersten Lebensjahr sind die Überlebenschancen der Jungfische erheblich besser und die natürliche Sterblichkeitsrate ist etwa konstant. Um zufällige Ereignisse des ersten Lebensjahrs aus den Modellrechnungen auszuschließen, wurde bei der zeitlichen Entwicklung einer Altersgruppe (Kohorte) auf die Anzahl der einjährigen Dorsche ( $N_R$ ) normiert ( $t_R = 1$  Jahr). Die Dorsche der Altersgruppe 1 werden auch Rekruten genannt. Die Betrachtung einer mittleren Altersgruppe ist ausreichend, da alle Ergebnisse auf die übrigen Altersgruppen übertragen werden können. Die Berechnungen wurden überwiegend mit dem Programm Mathematica (Wolfram 1999) durchgeführt.

Mit der Virtuellen Populations-Analyse (VPA) kann der zeitliche Verlauf der relativen Individuenzahl ( $N/N_R$ ) der Fische modelliert werden. Verantwortlich für die Abnahme der Anzahl ist die Sterblichkeitsrate der Fische. Die Gesamtsterblichkeit ist die Summe aus natürlicher (Krankheit, Wegfrass etc.) und fischereilicher Sterblichkeit. Je größer die Sterblichkeitsrate, umso größer ist die Abnahme der relativen Anzahl der Fische pro Zeiteinheit. Dabei ist die Höhe der fischereilichen Sterblichkeit proportional zum Fischereiaufwand.

In einer ersten Betrachtung wird angenommen, dass der Dorschbestand nicht befischt wird und die Tiere ausschließlich aus natürlichen Gründen sterben (Abb. 1, oben). Mit dem Alter der Fische erhöht sich die mittlere Einzelfischmasse ( $m$ ). Die von Bertalanffy-Wachstumsfunktion beschreibt das Längen- und Massenwachstum eines Fisches (Abb. 1, Mitte). Wie ersichtlich, steigt der Massezuwachs mit dem Lebensalter der Fische an, er verringert sich jedoch wieder bei einem höheren Lebensalter. Das Produkt aus relativer Anzahl der Fische ( $N/N_R$ ) und Masse des Einzelfisches ist die Biomasse pro Rekrut, nicht zu verwechseln mit der Durchschnittsmasse des Fisches. Obwohl die Anzahl der Fische einer Altersgruppe im Verlauf ihres Bestehens stetig kleiner wird, steigt die Biomasse der Altersgruppe zunächst an und erreicht bei  $t_{\max} = 9,16$  Jahre sein Maximum (Abb. 1, unten). Danach übersteigt der Verlust an Biomasse durch die natürliche Sterblichkeit den wachstumsbedingten Biomassegewinn, und die Biomasse nimmt wieder ab. Der Zeitpunkt des Massenmaximums ist ausschließlich vom Wachstum der Fische und der natürlichen Sterblichkeit abhängig.

Erst ab einer bestimmten Länge beginnt der Fisch wirtschaftlich interessant zu werden, und erst dann sollte er gefangen werden. Dagegen müssen kleinere Fische geschont werden, um sie zu einem späteren Zeitpunkt fangen zu können. Dieser Auswahlprozess wird

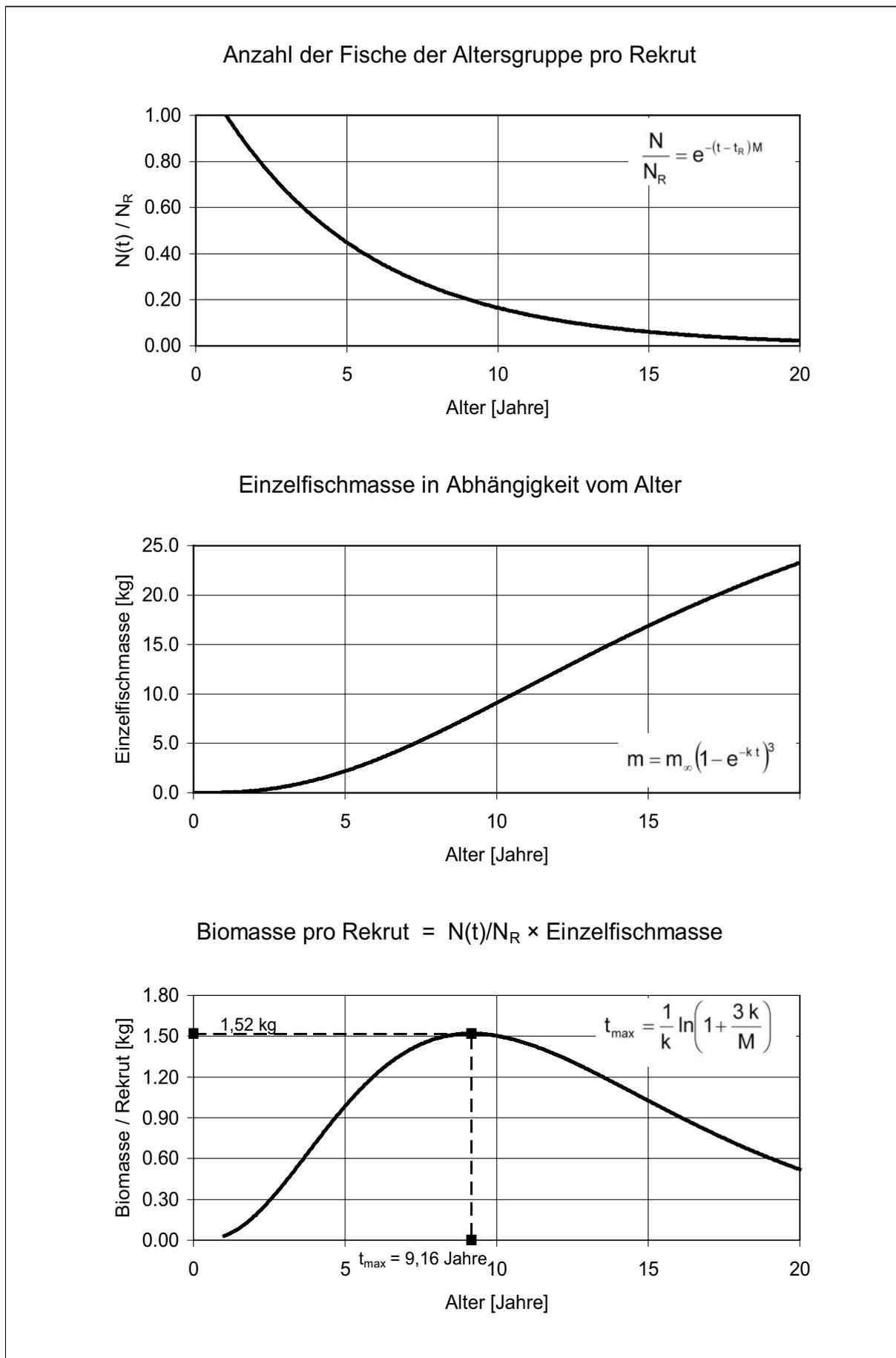


Abb. 1: Bestandsentwicklung einer unbefischten Altersgruppe - *Stock development in an unfished age group*

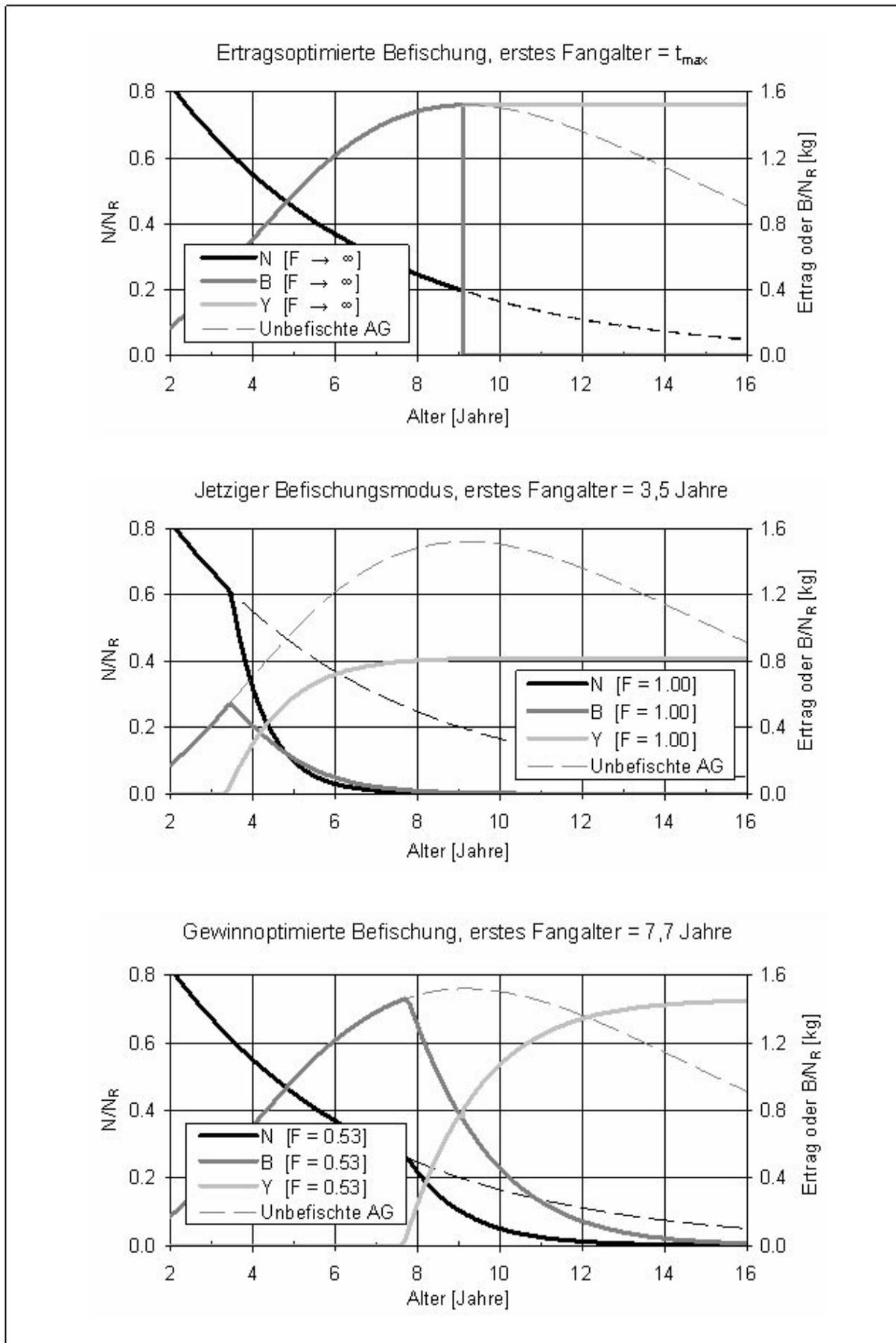


Abb. 2: Befischungsmodi des Dorsches der westlichen Ostsee - *Types of fishing on cod in western Baltic Sea.*

wesentlich vom Selektionsverhalten der Schleppnetze bestimmt, beschrieben durch eine Gleichung mit den Parametern  $l_{50}$  und Selektionsbereich (Bethke 2001, 2004). Die Selektionsparameter werden durch Versuche ermittelt und sind von der Fischart, der Maschenweite, dem Steert-Netzmaterial, der Einholtechnologie des Netzes, aber auch vom Steertdesign (Multipanel-Steert, Steerte mit Fluchtfenster, Normalmaschensteert, Steerte mit gedrehten Maschen etc.) abhängig (Suuronen, 2000). In den Berechnungen werden mittlere Selektionsparameter für Normalmaschensteerte verwendet, die bis Ende 2003 in der Ostsee im Einsatz waren. Über die von-Bertalanffy-Längenwachstumsfunktion lässt sich das zur Fischlänge  $l_{50}$  gehörige Alter des ersten Fanges  $t_{50}$  errechnen und eine altersabhängige Selektionsfunktion bestimmen. Für die Betrachtungen des befischten Bestandes wird ein vereinfachtes Selektionsmodell verwendet, die so genannte Knife-edge-Selektionsfunktion. Diese Funktion ist zwar nur eine grobe Näherung der realen Selektionskurve, lässt sich mathematisch aber leicht handhaben und erzeugt einfach zu diskutierende Funktionsverläufe. Bei der Knife-edge-Selektionsfunktion tritt der Fisch mit dem Erreichen des Alters  $t_{50}$  übergangslos in die Fischerei ein. Vor diesem Alter wird die Modellkohorte nicht befischt ( $F = 0 \text{ Jahre}^{-1}$ ), danach ist sie der vollen fischereilichen Sterblichkeit ausgesetzt. In der Praxis ist dies ein kontinuierlicher Vorgang, dessen Dauer durch den Selektionsbereich bestimmt wird, der bei der Knife-edge-Selektionsfunktion jedoch Null ist. Durch die Maschenöffnung wird der Zeitpunkt des ersten Fanges bestimmt und durch den Fischereiaufwand die fischereiliche Sterblichkeit gesteuert. Zur Lenkung der Fischerei durch das Management stehen demnach im Wesentlichen die technischen Maßnahmen Maschenöffnung ( $i$ ) und Fischereiaufwand (Effort,  $E$ ) zur Verfügung.

### Maximaler Dauerertrag, jetziger Ertrag und optimaler Ertrag

Der Ertrag (yield,  $Y$ ) ist der von einer Altersgruppe erbeutete Gesamtfang. Den maximal möglichen Ertrag erhielte man durch die Befischung mit einem unendlich hohen Fischereiaufwand im Biomassemaximum. Damit ginge die gesamte Biomasse pro Rekrut im Zeitpunkt  $t_{\max}$  unmittelbar in den maximalen Ertrag pro Rekrut über (Abb. 2, oben). Die technischen Maßnahmen zur Erlangung des Maximalertrages sollten so gewählt werden, dass  $F \rightarrow \infty$  und  $t_{50} = t_{\max}$  wird. Wenn also der Maximalertrag das Ziel ist, muss der Fischereiaufwand, bei Verwendung einer Maschengröße, die  $t_{50} = t_{\max}$  gewährleistet, gesteigert und nicht, wie häufig gefordert, gesenkt werden.

Das mittlere Diagramm der Abb. 2 zeigt den jetzigen Befischungsmodus unter Einsatz des gesetzlich vorgeschriebenen Normalmaschensteerts mit einer Maschenöffnung von 130 mm. Die Modellrechnungen mit der Knife-edge-Selektionsfunktion ergeben, dass der Dorsch in einem mittleren Alter von 3,5 Jahren übergangslos

in die Fischerei eintritt. Dieses entspricht einem  $l_{50}$ -Wert von 42,6 cm. Bei einer mittleren fischereilichen Sterblichkeit von  $F = 1,0 \text{ Jahre}^{-1}$  wird die gesamte Altersgruppe innerhalb von etwa vier Jahren, weit vor Erreichen des Biomassemaximums, abgefischt. Die Erträge pro Rekrut sind dabei nur etwa halb so groß wie der Maximalertrag. Offensichtlich wird der Bestand zu früh befischt. Ist das Fangalter zu gering, wird der Bestand befischt, bevor der Fisch auf die optimale Fanggröße herangewachsen ist und man erleidet gegenüber dem Maximalertrag einen Verlust. Ist jedoch das Fangalter zu hoch, ist schon ein beträchtlicher Anteil der Fische aus natürlichen Gründen gestorben. Auch in diesem Fall erleidet man einen Ertragsverlust. Folglich sollte für die optimale Befischung des Bestandes die Altersgruppe möglichst nahe am Biomassemaximum befischt werden. Da dies eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, sollte etwa die Hälfte des Ertrages vor dem Erreichen des Biomassenmaximums und die andere Hälfte danach erzielt werden. Das Erreichen eines maximalen Dauerertrages (Maximum Sustainable Yield, MSY) ist wegen des notwendigen unendlich hohen Fischereiaufwands keine praktikable Bewirtschaftungsstrategie, auch wenn dies in der Fachliteratur so dargestellt wurde und zu falschen Bewirtschaftungszielen (FAO 1995) führte. Ein sinnvolles Ziel ist eine Gewinnoptimierung der Fischerei. Der Fischereiertrag sinkt bei geringerer fischereilicher Sterblichkeit, weil viel Fisch außerhalb des Maximums gefangen wird; dafür sinken jedoch die Aufwandskosten. Andererseits erhöht sich der Ertrag mit steigender fischereilicher Sterblichkeit, wobei die Aufwandskosten ab einem bestimmten Fischereiaufwand noch stärker ansteigen. Jedoch sollte der Fischereiaufwand aus dem erzielten Erlös  $R$  bezahlbar sein und auch einen Gewinn abwerfen. In Abb. 2 (unten) sind die Modellierungsergebnisse für die optimale Befischung des Dorsches in der Ostsee dargestellt. Das Alter des ersten Fanges  $t_{50} = 7,7$  Jahre wurde bei einer fischereilichen Sterblichkeit von  $F = 0,53 \text{ Jahre}^{-1}$  so gewählt, dass die Modellkohorte nahezu symmetrisch zum Biomassenmaximum befischt wird. Der Ertrag ist hier nur geringfügig niedriger als der Maximalertrag. Für das dargestellte Beispiel sind die Aufwandskosten nur etwa halb so groß wie bei der jetzigen Fischerei ( $F = 1,00 \text{ Jahre}^{-1}$ ) auf Ostseedorsch, aber das Alter des ersten Fanges über doppelt so hoch.

### Erlös, Kosten und Gewinn in Abhängigkeit von technischen Maßnahmen

Wie bestimmt man die optimalen technischen Maßnahmen zur Maximierung des Gewinns? Das Beverton-und-Holt-Ertragsmodell ermöglicht die Berechnung des Fischereiertrages pro Rekrut als Funktion des Alters des ersten Fanges ( $t_{50}$ ) und der fischereilichen Sterblichkeit ( $F$ ). Das Modell basiert auf der Verwendung der oben erläuterten Knife-edge-Selektionsfunktion und der Annahme einer konstanten fischereilichen und natürlichen Sterblichkeit für den betrachteten Zeitraum. Dieses Modell ist eine anschauliche Vereinfachung des Thompson-und-Bell-Modells und kann für qualita-

tive Untersuchungen herangezogen werden. Um den Fischereiertrag unabhängig von der Kohortengröße zu berechnen, wird auch hier der Ertrag auf die Anzahl der Rekruten normiert. Die Ertragsentwicklung für das Parameterpaar wird häufig als Konturplot (Isoplethendiagramm) dargestellt. Abb. 3 zeigt den Fischereiertrag als Funktion des ersten Fangalters ( $t_{50}$ ) und der fischereilichen Sterblichkeit ( $F$ ).

Das Ertragsmaximum liegt offensichtlich außerhalb des dargestellten Bereiches. Berechnet man es, findet man es auch hier für  $t_{50} = t_{\max}$  und  $F \rightarrow \infty$ . Das kann auch nicht anders sein, denn das Ertragsmodell von Beverton und Holt ist nur eine andere Art der Darstellung des schon oben erläuterten Sachverhaltes, nicht nur für ausgewählte, sondern für alle Parameterpaare im dargestellten Bereich. Aus den oben gemachten Erläuterungen ist klar, dass das erste Fangalter unterhalb von  $t_{\max}$  liegen muss, da anderenfalls ein Teil der Fische schon aus natürlichen Gründen gestorben ist und nicht mehr zum Fischereiertrag beitragen kann. In der Literatur wird  $F_{0.1}$  als Referenzpunkt bezeichnet (Caddy et al. 1995). In der Tat ist  $F_{0.1}$ , wie auch  $F_{pa}$  oder  $F_{\text{Target}}$ , aber eine Funktion des ersten Fangalters und damit eine Funktion der Maschenweite. Nur für ein vorgegebenes erstes Fangalter sind diese fischereilichen Sterblichkeiten wirklich Punkte (Abb. 3).

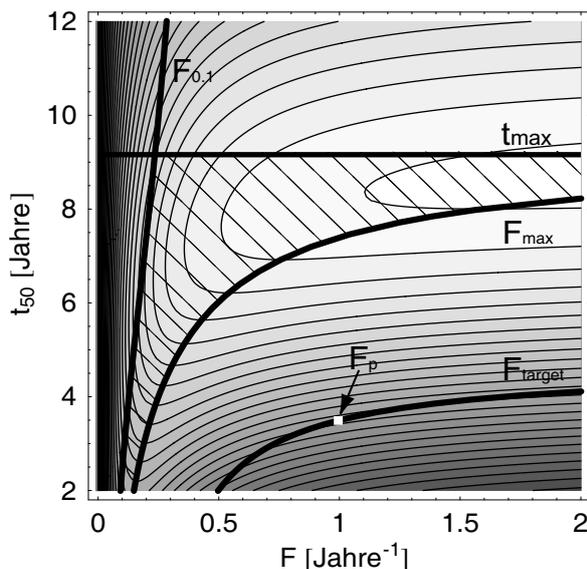


Abb. 3: Abhängigkeit des Ertrages pro Rekrut vom Zeitpunkt des ersten Fanges und der fischereilichen Sterblichkeit bei Dorsch in der westlichen Ostsee.

*Dependence of yield per recruit from point of time of first catch and of fishing mortality for cod in western Baltic Sea.*

Auch für das  $F_{0.1}$ -Konzept ergibt sich der maximale Ertrag für etwa das doppelte jetzige erste Fangalter. Das  $F_{0.1}$ -Konzept gilt in der Literatur zu Recht als ein sehr konservatives Managementtool. Das gesuchte Parameterpaar zur Maximierung des Gewinns finden wir mit Sicherheit rechts von dieser Kurve. Die letzte Grenze wird durch die  $F_{\max}$ -Kontur gegeben. Diese Konturlinie kennzeichnet die fischereiliche Sterblichkeit, bei der der Ertrag für ein vorgegebenes Alter des ersten Fanges

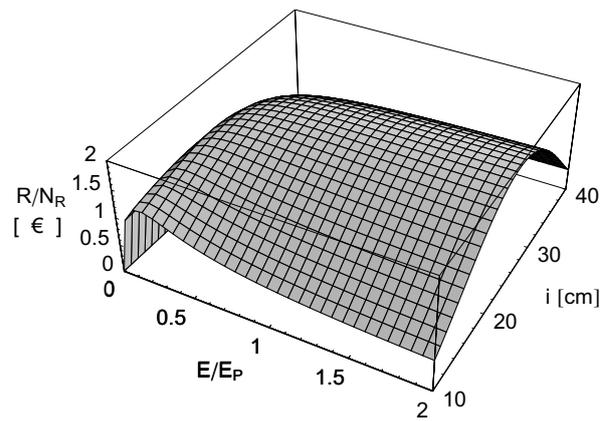


Abb. 4: Abhängigkeit des Erlöses pro Rekrut von der Maschenöffnung und dem relativen Fischereiaufwand bei Dorsch in der westlichen Ostsee.

*Dependence of profit per recruit from mesh opening and relative fishing effort for cod in western Baltic Sea.*

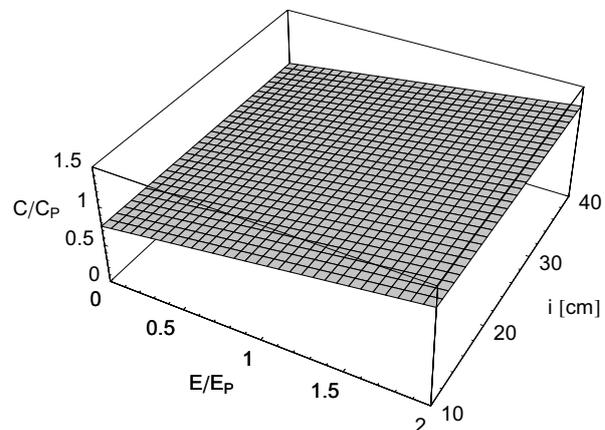


Abb. 5: Abhängigkeit der relativen Kosten von der Maschenöffnung und dem relativen Fischereiaufwand bei Dorsch in der westlichen Ostsee.

*Dependence of relative cost from mesh opening and relative fishing effort for cod in western Baltic Sea.*

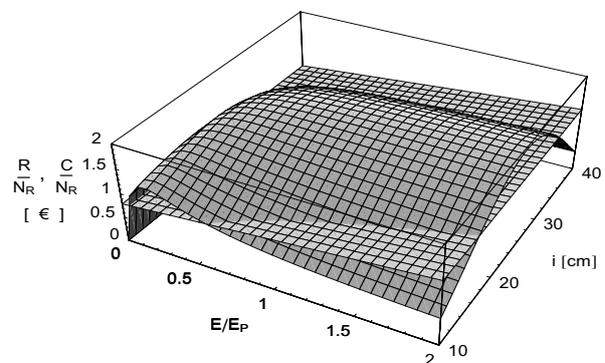


Abb. 6: Abhängigkeit des Erlöses und der relativen Kosten pro Rekrut von der Maschenöffnung und dem relativen Fischereiaufwand bei Dorsch in der westlichen Ostsee.

*Dependence of profit and relative cost per recruit from mesh opening and relative fishing effort for cod in western Baltic Sea.*

maximal wird. Das gesuchte Parameterpaar für das Gewinnmaximum müssen wir später links dieser Kontur, innerhalb der schraffierten Fläche finden. Rechts dieser Kontur sinken die Erträge infolge der asymmetrischen Befischung bezüglich  $t_{\max}$ , denn durch eine, für das gewählte erste Fangalter unangemessen hohe fischereiliche Sterblichkeit, wird das Heranwachsen des Fisches auf die Optimalgröße verhindert und so bei gleichzeitig höheren Kosten der Erlös geschmälert. Ein extremes Beispiel hierfür ist die jetzige Befischung des Ostseedorsch mit der derzeitigen Maschenöffnung  $i = 130$  mm und der gegenwärtigen fischereilichen Sterblichkeit  $F_p = 1,0 \text{ Jahre}^{-1}$  (Vergleiche Abb. 2, Mitte).

Der Erlös (Revenue, R) ist das Produkt aus Ertrag und Preis (Abb. 4). Im Gegensatz zu Abb. 3 wurde hier eine 3D-Darstellung gewählt. Gleichzeitig wurden aber auch andere Achsen gewählt. Um den Erlös mit den dazugehörigen Kosten vergleichen zu können, wurde der Erlös in Abhängigkeit von der Maschengröße und dem Fischereiaufwand dargestellt. Die Abhängigkeit vom ersten Fangalter wurde über die Definitionsgleichung des Selektionsfaktors in eine Abhängigkeit von der Maschengröße transformiert, während für die Überführung der fischereilichen Sterblichkeit in den Fischereiaufwand eine einfache Ersetzung von  $F_{\text{rel}} = F/F_p$  durch  $E_{\text{rel}} = E/E_p$  ausreicht. Normiert man die fischereiliche Sterblichkeit auf die jetzige fischereiliche Sterblichkeit und den Fischereiaufwand auf den jetzigen Aufwand, dann ist wegen der angenommenen Proportionalität zwischen fischereilicher Sterblichkeit und Fischereiaufwand  $F_{\text{rel}} = E_{\text{rel}}$ .

Die notwendigen Kosten (Costs, C), eine Fischereiflotte zu betreiben, bestehen aus Fixkosten ( $C_{\text{fix}}$ ) und variablen aufwandsbedingten Kosten ( $C_{\text{effort}}$ ). Fixkosten sind vom Fischereiaufwand unabhängig. Typische Beispiele sind Versicherungen, die Abschreibung des Kutters, und bei Kauf auf Kredit, die Zinsen und der Kreditabtrag für den Kutter. Beispiele für Aufwandskosten sind die Anteile von Lohn und Kraftstoff, die für das Schleppen aufgewendet wurden. Die derzeitige Kostenstruktur der deutschen Kutterflotte wurde von Lasch (1996) analysiert. Aus diesen Daten wurde abgeschätzt, dass bei jetzigem Fischereiaufwand etwa 25 % der Gesamtkosten dem Fischereiaufwand zuzuordnen sind. Demzufolge verbleiben dem Fischer etwa 75 % der Gesamtausgaben, auch wenn er nicht zum Fischen hinausfährt. Für die Berechnungen nehmen wir an, dass die Aufwandskosten nicht von der Maschengröße abhängen. Die Zusammenhänge werden durch Abb. 5 illustriert.

Für den gegenwärtigen Zeitpunkt ( $i = 130$  mm und  $E/E_p = 1$ ) nehmen wir an, dass die Fischerei keinen Gewinn (Profit, P) abwirft. Erlös und Kosten sind gleich, womit es einfach ist, die Kosten pro Rekrut in Abhängigkeit von den technischen Maßnahmen zu berechnen. Der Gewinn pro Rekrut ist die Differenz aus Erlös und Kosten pro Rekrut die beiden abgeleiteten Funktionsverläufe müssen nur noch voneinander subtrahiert werden (Abb. 6).

## Optimale technische Maßnahmen für den Ostsee-Dorsch

Um die optimalen technischen Maßnahmen zur Erzielung des Gewinnmaximums für die Fischerei auf Ostseedorsch aus der Grafik leicht ablesen zu können, wird die Differenz beider Funktionsverläufe als Konturplot dargestellt (Abb. 7). Es ergeben sich die Werte  $i = 240$  mm und  $E_{\text{rel}} = 0,53$ . Im Vergleich dazu war die bis zum Ende des Jahres 2003 zugelassene Maschenweite für Normalmaschensteerte mit  $i = 130$  mm nur etwa halb so groß. Dafür war der Fischereiaufwand etwa doppelt so hoch, wie er zur Erzielung des Gewinnmaximums nötig gewesen wäre. Mit den technischen Maßnahmen der Vergangenheit wurde ein mittlerer Ertrag von etwa 0,82 kg pro Rekrut erreicht; langfristig wäre durch die

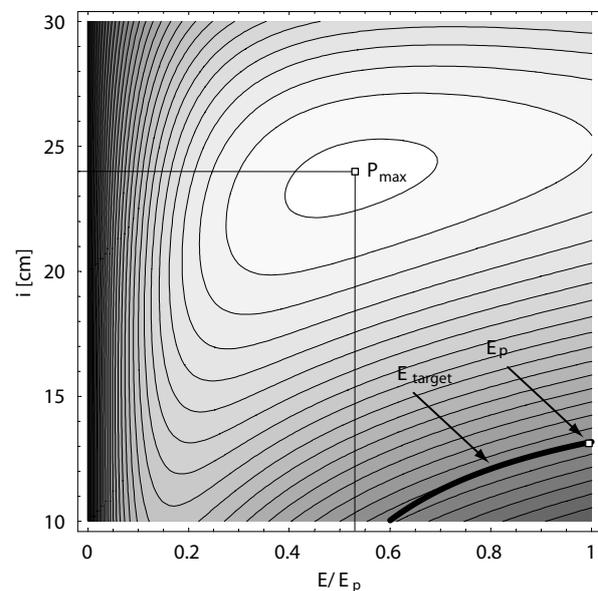


Abb. 7: Abhängigkeit des Gewinns pro Rekrut von der Maschenöffnung und dem relativen Fischereiaufwand bei Dorsch in der westlichen Ostsee.

*Dependence of profit per recruit from mesh opening and relative fishing effort for cod in western Baltic Sea.*

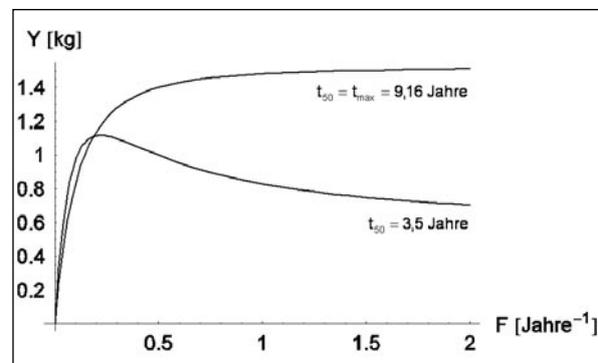


Abb. 8: Ertrag pro Rekrut in Abhängigkeit von der fischereilichen Sterblichkeit für Ostseedorsch (Alter des ersten Fanges = 3,5 Jahre und  $t_{\max}$ ).

*Dependence of yield per recruit from fishing mortality for Baltic cod.*

Optimierung jedoch ein Ertrag von 1,46 kg pro Rekrut möglich. Der Ertrag ließe sich bei geringerem Aufwand also fast verdoppeln, so dass pro Rekrut ein Gewinn von etwa 0,95 Euro erzielbar wäre. Bei der großen Anzahl von Rekruten eines jeden Jahrganges ließe sich die Fischerei auf den Ostsee-Dorsch in ein hochprofitables Geschäft verwandeln. Die dafür notwendige Anhebung des ersten Fangalters von 3,5 Jahre auf 7,7 Jahre ist durch ein Heraufsetzen der Maschenweite von 130 mm auf 240 mm zu erreichen. Die Reduktion des Aufwandes in einem Schritt wäre jedoch mit erheblichen Ertragsverlusten verbunden, da über einen Zeitraum von über vier Jahren kaum Dorsch gefangen würde. Ein solches Vorgehen wird wohl kaum ein Fischereibetrieb überleben, so dass eine Umstellung nur in kleinen Schritten sinnvoll ist, das Ziel dann aber auch später erreicht wird.

## Diskussion

Das derzeitige Konzept zur Bestandsschonung basiert auf einem Denkfehler in der Vergangenheit. Eine in Fachbüchern häufige Darstellung (Lassen et al. 2001; Hilborn et al. 1992) suggeriert, dass eine Ertragssteigerung durch die Begrenzung des Fischereiaufwandes möglich ist (Abb. 8). Das in entsprechenden Abbildungen dargestellte „Maximum“ ist für ein bestimmtes erstes Fangalter nur ein Punkt auf dem „Rücken“ der Ertragskurve (vergleiche Abb. 3 und Abb. 4). Das tatsächliche Ertragsmaximum ergibt sich für das Beverton-und-Holt-Ertragsmodell immer bei  $F \rightarrow \infty$  und  $t_{50} = t_{\max}$ . Die Erzielung eines maximalen Dauerertrages (Maximum Sustainable Yield, MSY) ist kein brauchbares ökonomisches Ziel, auch wenn es als solches in der Fachliteratur dargestellt wird. Ziel eines jeden Betriebes, auch eines Fischereibetriebes, kann nur die Maximierung des Gewinns sein. Dafür, dass bei der fischereilichen Nutzung die Ökosysteme nicht über Gebühr geschädigt werden, muss die Politik entsprechende Rahmen vorgeben und auch kontrollieren.

Für die Modellierung wurden nur relativ einfache Modelle verwendet. Deshalb kann auch keine hohe Genauigkeit bei den Resultaten erwarten werden. Eine genauere, jedoch wesentlich aufwendigere Modellierung ist möglich, macht jedoch wenig Sinn, so lange die Eingangsdaten unsicher sind. Die natürliche Sterblichkeit, ein Schlüsselparameter bei der Gewinnoptimierung, wird zur Zeit mehr geraten als wirklich gemessen (Sparre et al. 1998). Verwendet man die ICES-Daten, bekommt man ähnliche Ergebnisse, wenn man das  $F_{0.1}$ -Konzept (Deriso 1987) für unterschiedliche Alter des ersten Fanges durchrechnet. Der maximale Ertrag ergibt sich auch hier für etwa das doppelte erste Fangalter (Abb. 3).

Die biologischen, fischereilichen und ökonomischen Parameter müssen ständig überwacht und in die Optimierung einbezogen werden. Die Optimierung ist deshalb ein iterativer Prozess, der von der Fischereiforschung begleitet werden muss. Ein großer Bestand führt bei begrenztem Futterangebot zu geringeren Wachstumspa-

rametern und zu einer erhöhten natürlichen Sterblichkeit. Das verwendete Modell berücksichtigt jedoch nicht die Wechselwirkungen zwischen Bestandsgröße, der natürlichen Sterblichkeit und den Wachstumsparametern. Dies leisten nur wesentlich kompliziertere Ökosystem-Modelle, an denen gearbeitet wird, aber noch nicht verfügbar sind. Weiterhin ist der Zusammenhang zwischen  $I_{50}$  und der Maschenöffnung über einen so großen Bereich nicht linear (Bethke 2004), wie bei der Berechnung im verwendeten Modell angenommen wurde. Parameteränderungen müssen ermittelt, ihre Auswirkungen analysiert und die nächsten Berechnungsschritte daraus abgeleitet werden. Die Verhältnisse in der Ostsee sind jedoch besonders einfach, da es hier nur eine fischereilich wichtige Grundfischart gibt, wogegen in der Nordsee das Artenspektrum wesentlich größer ist, so dass hier eine Mehrartenoptimierung notwendig wird. Ein entsprechendes Modell wurde in Bethke (2004a) beschrieben.

Eine Einführung des ersten Fangalters in das Gewinnoptimierungsverfahren ist ein kleiner, aber sehr weit reichender Schritt. Die Festlegung des Alters des ersten Fanges nach dem Prinzip, dass der Fisch in seinem Leben mindestens einmal laichen sollte, gehört hoffentlich bald der Vergangenheit an. Dieses Argument war schon immer wenig stichhaltig, denn für die Nachwuchsproduktion ist mehrmaliges Laichen eindeutig besser. Eine Überfischung des Ostsee-Dorsches wäre dann sogar durch eine Erhöhung der Fischereikapazität nicht mehr möglich. Bei der Verwendung der optimalen Maschenöffnung entkämen stets ausreichend viele laichreife Dorsche zur Sicherung der minimalen Laicherbiomasse. Führt man die optimale Maschenöffnung von  $i = 240$  mm ein, würde sich der Laicherbestand etwa versiebenfachen. Auf Gebietsschließungen und Aufwandsbegrenzungen in der Grundfischerei auf Ostsee-Dorsch könnte dann verzichtet werden. Die vom IBF (2003) festgelegten technischen Maßnahmen ( $i = 130$  mm für Normalmaschensteerte und  $i = 110$  mm für äquivalente „BACOMA-Steerte“,  $F_{\text{Target}} = 1,0 \text{ Jahre}^{-1}$ ) liegen weit entfernt von den Optimalwerten, und sind weder ökologisch noch ökonomisch sinnvoll (siehe auch Abb. 3). Obwohl eine Erhöhung der Maschenöffnung kurzfristig ökonomische Nachteile bewirkt, bringt sie den Fischereibetrieben langfristig höhere Gewinne und ermöglicht den Fang eines besseren Sortiments (BLE 1989 – 2000). Darüber hinaus verringert sie die Gefahr eines Bestandszusammenbruchs und bewirkt wegen der Vergrößerung des Laicherbestandes eine verbesserte Nachwuchssituation, was zu einer weiteren Gewinnerhöhung führt. Maßnahmen des Bestandsschutzes sollten deshalb immer durch eine Erhöhung der Maschenweite erfolgen und langfristig die jetzigen Aufwandsbegrenzungen als Schutzmaßnahme ablösen. Insgesamt bewirken die aus der Gewinnmaximierung berechneten technischen Maßnahmen, einen zuverlässigeren Bestandsschutz als der derzeit verwendete Vorsorgeansatz.

Eine Erhöhung der Maschenweite kann nur in kleinen Schritten erfolgen, da ansonsten die Fänge drastisch zurückgehen würden und die Fischer mit starken Einbußen zu rechnen hätten. Die trotzdem resultierenden kurzfristigen Minderfänge sind aber eher hinnehmbar, da die zu erwartenden Ertragssteigerungen die Verluste mehr als aufwiegen. Auch lässt sich eine derartige Neuregelung natürlich nur im internationalen Maßstab durchführen, da nationale Alleingänge die Wettbewerbssituation der eigenen Fischerei verschlechtern würden.

### Zitierte Literatur:

- Bethke, E., 2001: Codend selectivity in trawls – Comparison of a novel function to the logistic function and the Richards curve. *Arch. Fish. Mar. Res.* 49 (2): 149–163.
- Bethke, E., 2004: A simple general approach to codend selectivity of trawls and its application to the data of Fiorentino et al. (1998) for Hake (*Merluccius merluccius*). *Fish. Res.* 70 (1): 113–119.
- Bethke, E., 2004a: A new multi-species model for sustainable exploitation of fish stocks with special regard to cod and flounder fishery in the Baltic Sea. *ICES Ann. Sci. Conf.*, 22-25 September, 324 pp.
- Beverton, R. J. H.; Holt, S. J., 1957: On the Dynamics of Exploited Fish Populations. *Fish. Invest.* (Ser. 2) 19. 533 pp.
- BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung), 1989 – 2001: Frischfischbericht. [www.ble.de/fisch/fiwirt\\_f.htm](http://www.ble.de/fisch/fiwirt_f.htm).
- Caddy, J. F.; Mahon, R., 1995: Reference Points for Fish Stock Assessment. *FAO Fish. Tech. Pap.* 347. 83 pp.
- Deriso, R. B., 1987: Optimal  $F_{0.1}$  criteria and their relationship to maximum sustainable yield. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44 (Suppl.) 2: 339–348.
- Ernst, P.; Müller, H.; Dahm, E.; Gabriel, O., 2000: Konzept für eine bestandsschonendere Nutzung der Dorschvorkommen in der westlichen Ostsee. *Inf. Fischwirtsch. Fischereiforsch.* (47) 1: 19–24.
- EC (European Commission), 2001: Green Paper – On the Future of the common Fisheries. Policy. Brussels, Vol. I, [http://europa.eu.int/comm/fisheries/greenpaper/green1\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/fisheries/greenpaper/green1_en.htm). 41pp.
- FAO, 1995: Verhaltenskodex für verantwortungsvolle Fischerei. <http://www.fao.org/docrep/005/v9878g/v9878g00.htm>
- Hilborn, R.; Walters, C. J., 1992: Quantitative Fisheries Stock Assessment, Choice, Dynamics & Uncertainty. 3rd Ed. Boston: Kluwer Academic Publishers. 570 pp.
- IBSFC (International Baltic Sea Fishery Commission), 2003: Proceedings of the Twenty Ninth Session. Vilnius, Lithuania, 29.9 - 1.10.2003. 418 pp.
- ICES Council. Meet. Paper, 2002: Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group/ ACFM 17. 542 pp.
- Lassen, H.; Medley, P., 2001: Virtual Population Analysis – A Practical Manual for Stock Assessment. *FAO Fish. Tech. Pap.* 400. 129 pp.
- Lasch, R., 1996: Measurement of Economic Impacts of Fishery Management Decisions – Model-based Approaches in Specific Fleet Sectors. Study – FAIR-CT 96/1454, Federal Agricultural Research Centre (FAL), Germany. 191 pp.
- Sparre, P.; Venema, S. C., 1998: Introduction to tropical fish stock assessment, Part 1. *FAO Fish. Tech. Pap.* 306/1, Manual, Rev. 2.
- Suuronen, C., 2000: Improving Technical Management in Baltic Cod Fishery (BACOMA). Final Report – EU Project, FAIR CT 96-1994.
- Thompson, W. F.; Bell, F. H., 1934: Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. *Rep. Int. Fish. (Pacific Halibut) Comm.* 8.