

Beverton & Holt reloaded

Von Nik Probst & Eckhard Bethke

Erschienen im Fischerblatt 2012, Jahrgang 60(3): 46-49

Das Beverton-Holt-Ertragsmodell wurde 1957 veröffentlicht und markiert einen Meilenstein in der Fischereibiologie. Es wird bis heute zur Ableitung von grundlegenden Konzepten zur Nutzung von Fischpopulationen verwendet. Es lohnt sich deshalb, einen zweiten Blick auf dieses Modell zu werfen. Grundlage ist die Betrachtung der Jahrgangsbiomasse über die Zeit. Solange die Fische noch jung sind steigt die Biomasse des Jahrgangs durch das Wachstum der Jungfische stark an, da die Fische dann noch sehr schnell wachsen. Der Verlust durch das Sterben einzelner Tiere wird durch diesen Zuwachs mehr als kompensiert, so dass auch die Biomasse des Jahrgangs wächst (siehe Fischerblatt 9/2011). Lässt das Wachstum mit dem Älterwerden der Fische nach, halten sich der Biomassezuwachs durch das Wachstum und die Biomasseabnahme durch die natürliche Sterblichkeit die Waage. Dies ist der optimale Erntezeitpunkt; eine Altersklasse, die nicht mehr wächst, kann abgefischt werden. Wird dieser Zeitpunkt verpasst, kann der Maximalertrag nicht mehr erreicht werden und die Fischerei erleidet Ertragsverluste, da durch natürliche Sterblichkeit ein Teil des Ertrages ungenutzt verloren geht.

Der Ertrag eines Jahrgangs hängt aber auch von der Anzahl der Jungfische ab und ändert sich von Jahr zu Jahr. Deshalb wird der Ertrag auf die Anzahl der Rekruten bezogen. ‚Rekruten‘ ist ein anderes Wort für die Jungfische, die die Anfangsgröße eines Jahrgangs vor der Befischung bilden. Für den Dorsch in der westlichen Ostsee sind dies per Definition die einjährigen Fische (dies kann für andere Fischarten durchaus unterschiedlich sein). Der Ertrag pro Rekrut ist dann der Fang, den man durchschnittlich aus einem Jungfisch eines Jahrgangs erzielt. Ziel ist es, den Ertrag pro Rekrut zu maximieren, indem man den optimalen Zeitpunkt und die optimale Intensität der Abfischung durch die Wahl der Maschenöffnung und die Fangquote festlegt.

Zur optimalen Befischung eines Jahrgangs ist also eine Erntestrategie erforderlich. Im Extremfall kann man sehr früh mit der Ernte beginnen, d.h. mit einer kleinen Maschenöffnung fängt man die Fische eines Jahrgangs schon früh. Dann muss man allerdings sehr langsam ernten und mit geringer Intensität fischen. Im anderen Extremfall kann man spät anfangen, einen Jahrgang zu befischen (durch die Verwendung großer Maschen). Dann kann man mit hohem Aufwand ernten. Das Vorgehen ist direkt vergleichbar mit der Gärtnerei, der Land- oder Teichwirtschaft. Zwischen diesen Extremen liegen viele andere mögliche Erntestrategien.

Mit dem Beverton-Holt-Ertragsmodell lässt sich nun der erwartete Ertrag für jede Erntestrategie berechnen. In Abbildung 1 sind verschiedene Befischungsstrategien für den Dorschbestand in der westlichen Ostsee dargestellt. Von links nach rechts erhöht sich die fischereiliche Sterblichkeit. Die fischereiliche und die natürliche Sterblichkeit sind vergleichbar mit dem Prozentsatz der Fische, die jährlich von der Fischereiflotte oder aber den natürlichen Feinden gefangen werden. Aber Achtung, hier wird im Gegensatz zu Bankzinsen immer ein kontinuierlicher Zinssatz angegeben (siehe Fischerblatt 10/2010). Nach oben wird der Ertrag pro Rekrut aufgetragen und nach hinten hinaus das erste Fangalter t_c . Man erkennt sofort, dass der Ertrag pro Rekrut im Wesentlichen vom Fangalter, das durch die Maschenöffnung bestimmt wird, abhängt. Die fischereiliche Sterblichkeit hat dagegen weniger Einfluss.

Auch das kennen wir aus z.B. der Kleingärtnerei. Ob das, was herangewachsen ist, schnell oder langsam geerntet wird, ist unerheblich. Wichtig ist vor allem, dass man zum richtigen Zeitpunkt erntet.

Abbildung 1 untersucht als Beispiel den Dorschbestand der westlichen Ostsee: Nach Einführung des MSY-Ansatzes fordert der ICES eine Absenkung der fischereilichen Sterblichkeit auf $F_{MSY} = 0,25$ pro Jahr. Wie kommt der ICES zur Aussage, dass die fischereiliche Sterblichkeit für den westlichen Ostseedorsch gesenkt werden muss? Lässt sich das mit dem Beverton-Holt-Ertragsmodell begründen? Folgt man der Erntestrategie des ICES mit der Empfehlung die fischereiliche Sterblichkeit bis in die unmittelbare Nähe der natürlichen Sterblichkeit (M) abzusenken ($F_{MSY} = 0,25$ pro Jahr, $M = 0,2$ pro Jahr), so erbeuten Fischer und natürliche Feinde etwa den gleichen Anteil erntereifer Fische. Dies ist vergleichbar mit einem Kleingärtner, der seine Erdbeeren etwa genauso schnell pflückt wie die Schnecken fressen. Der ICES geht in seinen Modellrechnungen von den aktuellen Bedingungen der Fischerei aus, z.B. dass die Fischerei auf Dorsche der westlichen Ostsee ab einem Alter (t_c) von 2 - 3 Jahren beginnt. Will man dies beibehalten, ist eine niedrige Befischungsintensität die beste Strategie. Noch viel besser wäre es allerdings, und das steht nicht in der jährlichen ICES-Empfehlung, die Dorsche erst ab einem Alter von etwa sechs Jahren zu fangen. Man könnte, ohne dass der Aufwand begrenzt werden muss, dann wesentlich mehr Ertrag pro Rekrut erzielen. Ein hohes F führt in diesem Fall nicht zu Missernten, solange F nur die fangreifen Tiere betrifft. In der Teichwirtschaft entnimmt man die gesamte Ernte an einem Tag, dies entspricht einem F von 700 pro Jahr. Eine Anpassung des Fangalters könnte erreicht werden, indem die Maschenöffnung der Netze schrittweise hoch gesetzt wird. Nach den Modellrechnungen sollte sich dann langfristig ein größerer Bestand mit größeren Individuen entwickeln und auch die Erträge der Fischerei sollten steigen. Die Einführung einer höheren Maschenöffnung verursacht kurzfristige Fangverluste, die jedoch leicht durch etwas längere Schleppzeiten ausgeglichen werden könnten. Wir sprechen hier von Fangverlusten in einem Zeitraum von drei Monaten und von hauptsächlich kleinen Fischen, die dann geschont würden. Entsprechende praktische Erfahrungen liegen nach der letzten Erhöhung der Maschenöffnung von 110 mm auf 120 mm in der Dorschfischerei der Ostsee vor. Nach etwa drei Monaten ist der Dorsch, der vorher mit einer kleinen Maschenöffnung gefangen wurde, wieder in den Selektionsbereich der 120 mm-Masche hineingewachsen. Eine Erhöhung der Maschenöffnung um 1 cm erhöht die Länge der erstmals in der Fischerei auftretenden Fische um etwa 4 cm. Dies sind gerade die Fische, die das Mindestmaß nicht erreichen und zum großen Teil verworfen werden. Eine schrittweise Erhöhung der Maschenöffnung wäre nicht nur ein Schritt in Richtung größerer Erträge, sondern auch ein Schritt in Richtung Discardvermeidung. Momentan wird das Beverton-Holt-Modell im Fischereimanagement nur benutzt, um ein optimales F und daraus die Fangquotenempfehlung abzuleiten. Allerdings kann das Modell neben den Quotenempfehlung auch Empfehlungen über Maschenöffnung liefern, um den Bestand in den optimalen Bewirtschaftungszustand zu bringen. Dieser optimale Bewirtschaftungsbereich entspricht der Hügelkuppe in Abbildung 1. In den jährlichen ICES-Berichten fehlen also noch Empfehlungen für die optimale Maschenöffnung.

Sich jedoch ausschließlich auf das Beverton-Holt-Ertragsmodell zur Ableitung von Bewirtschaftungsstrategien zu verlassen, hat seine Tücken. Denn das angestrebte Erntealter t_c hängt neben der gewählten Maschenöffnung auch vom Wachstum der Fische und der natürlichen Sterblichkeit ab. Das Beverton-Holt-Modell berücksichtigt keine Wechselwirkungen zwischen den Individuen eines Bestandes und anderen Arten des Ökosystems. Bei einer höheren Dichte von Alttieren kann es z.B.

vermehrt zu Kannibalismus oder Nahrungsmangel kommen, insbesondere dann, wenn Umweltbedingungen sich verschlechtern. Diese Wechselwirkungen verändern das Wachstum und die Sterblichkeit einer Kohorte, lassen sich aber meistens schwer voraussagen und in das Beverton-Holt-Modell einbauen. Dazu bedarf es vertiefter Kenntnisse des Wechselspiels zwischen Bestand und Ökosystem, die innerhalb des Ökosystemansatzes gewonnen werden sollen. Es bleibt also spannend!

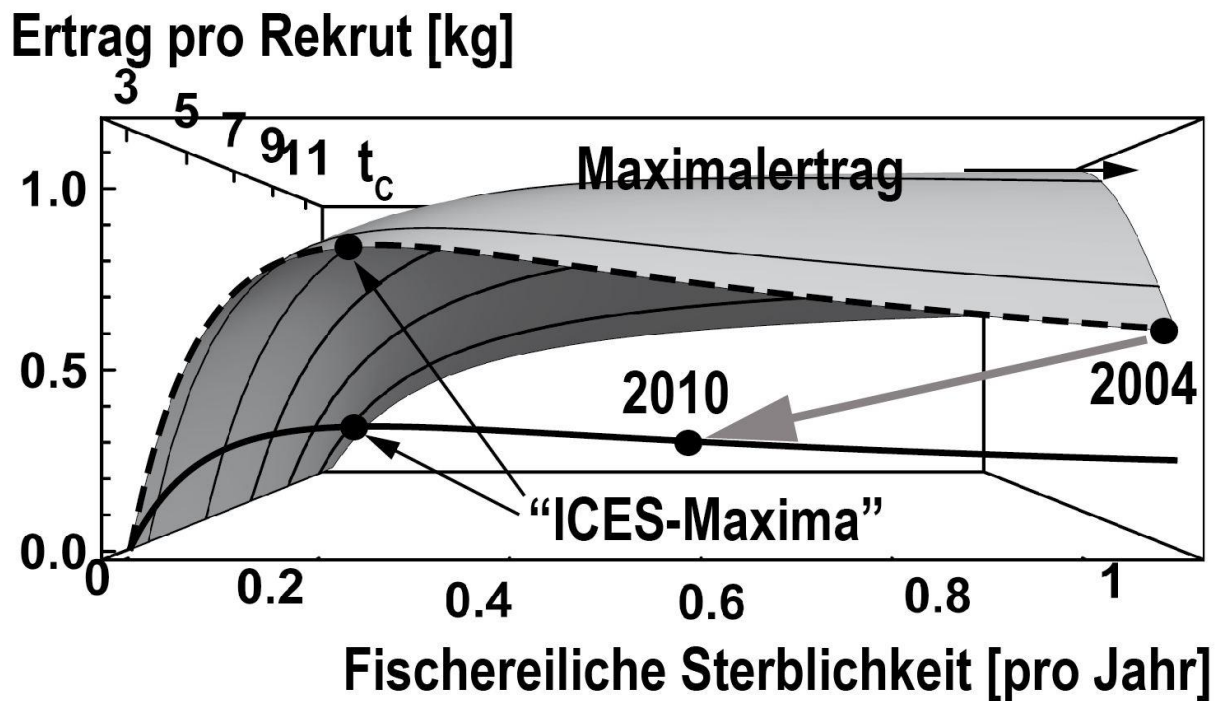


Abb.1: Ertrag pro Rekrut als Funktion der fischereilichen Sterblichkeit und des ersten Fangalters (t_c) für den Dorschbestand in der westlichen Ostsee. Durch die Reduktion der fischereilichen Sterblichkeit in der Vergangenheit, wurde eine Steigerung des Ertrags pro Rekrut erwartet. Zwischen 2004 und 2010 hat sich der Ertrag pro Rekrut jedoch mehr als halbiert. Ging der ICES im Jahre 2004 bei konstant bleibender Maschenöffnung bei F_{MSY} noch von einem möglichen Maximalertrag pro Rekrut von fast 0,9 kg aus, musste diese Erwartung korrigiert werden. Nach Jahren des Bestandschutzes wurde keine Ertragssteigerung pro Rekrut erreicht, sondern eine Ertragsreduktion. Im aktuellen ICES-Advice werden als maximal erreichbarer Ertrag bei F_{MSY} nur noch 0,33 kg pro Rekrut erwartet. Dies deutet auf Änderungen im Wachstum hin.

Dr. Wolfgang Nikolaus Probst und Dr. Eckhard Bethke sind Mitarbeiter am Thünen-Institut für Seefischerei. WNP ist dort für die Umsetzung ökologischer und fischereilicher Aspekte der EU-Meeresstrategierahmenrichtlinie zuständig. EB ist zuständig für die hydroakustische Bestandserfassung und für die Modellierung von Bewirtschaftungsstrategien.

