

Klima und Kabeljau:

Fehlt dem Nachwuchs das richtige Futter?

Über das fragile Beziehungsgeflecht in Nahrungsnetzen

Matthias Bernreuther (Hamburg) und Christopher Zimmermann (Rostock)

Das Schicksal von Fischeiern ist in aller Regel der Tod. Entweder die Eier werden nicht befruchtet oder sie sterben aufgrund von ungünstigen Umweltfaktoren, wie zum Beispiel Sauerstoffmangel, oder sie werden von Räubern gefressen. Aus einigen wenigen schlüpfen aber doch lebensfähige Fischlarven. Für diese gilt, so schnell wie möglich zu wachsen, da es mit zunehmender Größe immer weniger Fressfeinde gibt und die Larven gleichzeitig immer widerstandsfähiger gegenüber ungünstigen Umweltbedingungen und Nahrungsknappheit werden.

Zur richtigen Zeit am richtigen Ort

In der ersten Larvenphase gibt es speziell zwei Faktoren, die für das Überleben von besonderer Bedeutung sind: Die Verfügbarkeit von

geeignetem Futter insgesamt, die räumliche Verteilung der Larven im Verhältnis zu dieser Nahrung sowie zu potenziellen Räubern. Während unmittelbar nach dem Schlupf häufig zunächst ein Dottersack für die Ernährung der Larve sorgt, muss sie spätestens wenn dieser Vorrat langsam zur Neige geht geeignete Nahrung finden.

Das Timing vom Produktionszyklus der Nahrungsorganismen und dem Laichgeschäft der Fische spielt die entscheidende Rolle für den Rekrutierungserfolg: Je genauer das Vorkommen der Larven und das geeignete Nahrungsangebot zeitlich synchronisiert sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich aus den Jungfischen oder Rekruten ein großer Jahrgang entwickelt. Das Einsetzen des Produktionszyklus und damit das Auftreten von geeignetem Futter für die Fischlarven hängen aber entscheidend vom Klima ab.

Sowohl in der Nordsee als auch in der Ostsee konnte in den vergangenen Jahrzehnten der Einfluss des Klimas auf das Nahrungsnetz und insbesondere auf einzelne kommerziell genutzte Fischarten untersucht werden. Der wirtschaftlich bedeutende Kabeljau/Dorsch (*Gadus morhua*), der immer wieder exemplarisch für die Auswirkungen von Überfischung angeführt wird, ist ein gutes Beispiel dafür, wie sich langfristige klimatische Veränderungen auf die Nutzbarkeit von Fischbeständen – und speziell auf den Erfolg der Rekrutierung von Jungfischen – auswirken.

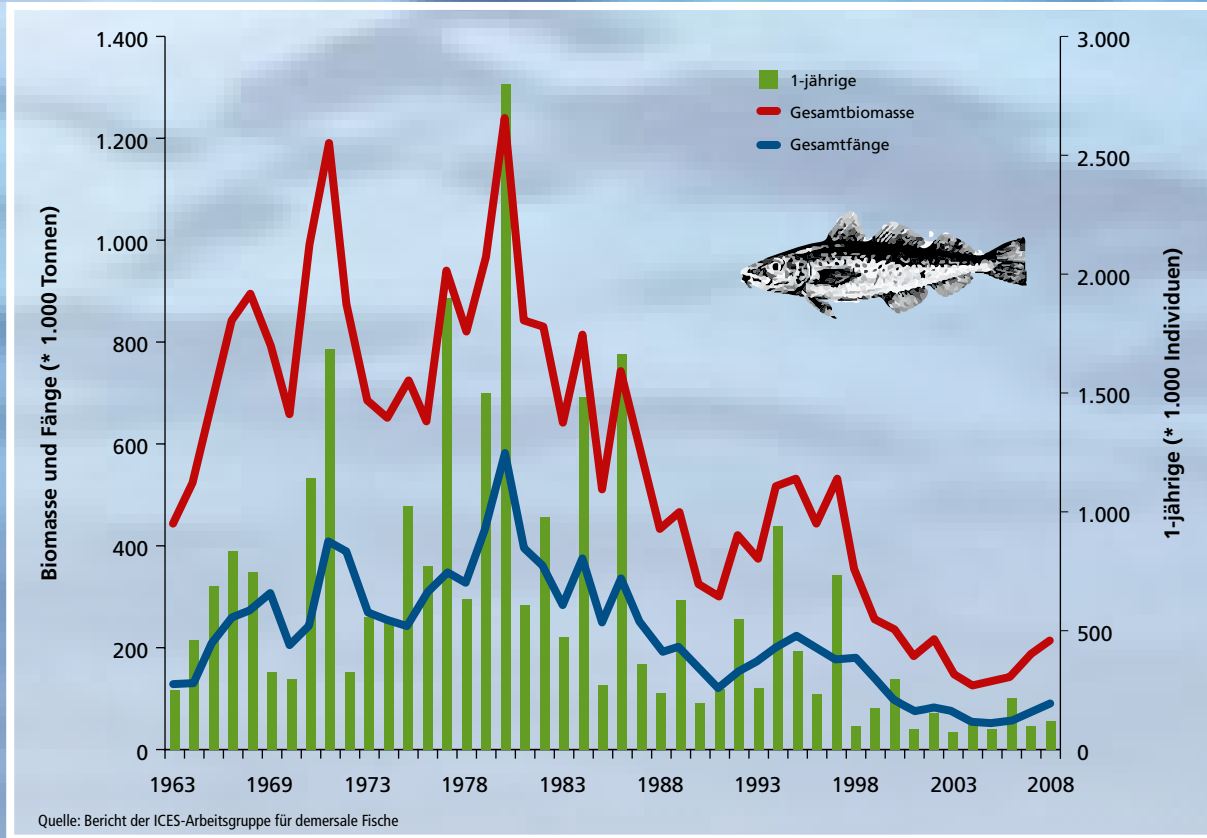
Der Kabeljau (der in der Ostsee traditionell Dorsch genannt wird) ist ein meist bodennah vorkommender Räuber, der vor allem in kalten und gemäßigt kalten Gewässern der Nordhalbkugel vorkommt. Er wird vor allem in der Schleppnetzfischerei gefangen und erreicht bei maximal 150 cm Länge ein Gewicht von bis zu 40 kg (Abb. 1).

Abb. 1: Ein frisch gefangener erwachsener Dorsch aus der Ostsee



C. Zimmermann, VTI-OSF

Abb. 2: Entwicklung des Kabeljaubestandes der Nordsee von 1963 bis 2008. Gesamtbiomasse (rote Linie), Gesamtfänge (blaue Linie) und die 1-jährigen Rekruten (grüne Säulen).



Die Bestandsentwicklung des Nordsee-Kabeljaus und des Ostsee-Dorschs wird seit vielen Jahrzehnten vom Institut für Seefischerei und vom Institut für Ostseefischerei des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI) bzw. den Vorgängereinrichtungen kontinuierlich erfasst.

Kabeljau in der Nordsee

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts lagen die Gesamtfänge des Kabeljaus in der Nordsee jährlich um 100 000 t. In den 1960er Jahren nahm die Bedeutung des Kabeljaus in der Fischerei stark zu, bis Ende der 1970er Jahre wurden bis zu 370 000 t jährlich gefangen. In den folgenden Jahrzehnten sanken die Anlandungen zunächst auf die Werte der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, um in den letzten Jahren auf einen historisch betrachteten Tiefstand von unter 30 000 t zu fallen (Abb. 2). Dieser Zusammenbruch des Kabeljau-Bestandes hätte bereits in den 1960er Jahren stattfinden können, da aus fischereiwissenschaftlicher Sicht der Kabeljau schon seit Mitte der 1960er Jahre überfischt wurde. Warum ist es aber erst mit Beginn der 1980er Jahre zu einer Abnahme, beziehungsweise zu einem Zusammenbruch des Bestandes als Folge der Überfischung gekommen? Dies lässt sich zum Teil mit der Nahrung des Kabeljaus und dem Einfluss des Klimas auf die Entwicklung dieser Nahrung erklären.

Falsches Futter für den Nachwuchs?

Analysen der Planktonzusammensetzung in der Nordsee machen deutlich, dass in dem Zeitraum von 1963 bis 1983 für den Kabeljaunachwuchs sehr günstige Nahrungsbedingungen herrschten: Durch kühlere Wassertemperaturen in der Nordsee veränderte sich Anfang der 1960er Jahre die Zusammensetzung des Planktons. Der für Kabeljau-Larven wichtige Ruderfußkrebs *Calanus finmarchicus*, eine Art, die eher kälteres Wasser bevorzugt, verschob zeitlich seinen Entwicklungszyklus und nahm zudem auch an Individuendichte zu, so dass es zu einer sehr guten Überlappung zwischen Räuber (Kabeljaularve) und Beute (Ruderfußkrebs) kam. Diese Veränderung führte zu einer verstärkten Rekrutierung junger Kabeljaus, was in der beschriebenen Periode von 1963 bis 1983 genügte, um einen Ausgleich für die Entnahme durch Überfischung zu schaffen. Gegen Ende der 70er und Anfang der 80er Jahre änderte sich diese Situation. Durch eine Zunahme der Wassertemperaturen, als mögliche Folge einer Klimaerwärmung, wurden die Lebensbedingungen für *C. finmarchicus* ungünstiger, so dass die Dichte (Abundanz) dieses wichtigen Futtertieres abnahm und sich demzufolge die Nahrungssituation der Kabeljau-Larven verschlechterte. In Kombination mit der sehr starken Befischung des Kabeljaus führte dies zu einer starken Abnahme bis hin zum Zusammenbruch des Bestandes. Während die Abundanz von *C. finmarchicus* zurückging, nahm ein an-

derer Ruderfußkrebs, *Calanus helgolandicus*, stark zu. Dieser Krebs ist durch einen anderen Entwicklungszyklus gekennzeichnet. Das größte saisonale Vorkommen weist diese Art im Herbst auf, zu einem Zeitpunkt, an dem die jungen Kabeljau bereits größere Futtertiere benötigen. Dadurch steht *C. helgolandicus* den Kabeljaularven nur bedingt zur Verfügung. Selbst wenn die Fangquoten ausreichend reduziert würden, sind die Erholungsaussichten für den Nordseekabeljau nicht vergleichbar gut, da sich die Ernährungssituation für den Kabeljau-Nachwuchs in der Nordsee bislang nicht verbessert hat. Es wäre insgesamt jedoch zu einfach, die ausbleibende Erholung des Kabeljaubestandes in der Nordsee nur mit der Überfischung und einer Verschlechterung der Nahrungsbedingungen als Folge der zunehmenden Wassertemperaturen zu erklären. Es existieren noch andere Faktoren, die indirekt mit der Erwärmung zusammenhängen und aufgrund derer sich der Kabeljaubestand in den letzten Jahren nicht erholt hat. Einen dieser möglichen Faktoren untersucht das Institut für Seefischerei verstärkt – den Grauen Knurrhahn.

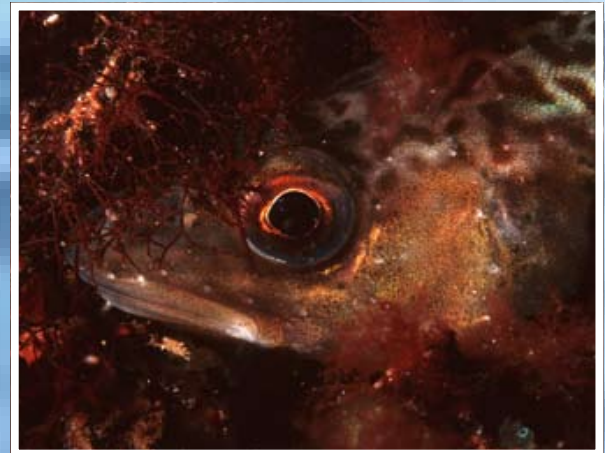
Der Räuber des Räubers

Der Graue Knurrhahn (*Eutrigla gurnardus*, Abb. 3) gehört zu den Arten, die vom Rückgang des Kabeljaubestands profitiert haben und gleichzeitig möglicherweise eine Erholung des Kabeljaubestands verhindern: Seit Ende der 1980er Jahre hat der Knurrhahn in der Nordsee deutlich zugenommen, wie die Daten der jährlichen Forschungsreisen des vTI belegen. Der Graue Knurrhahn war offensichtlich in der Lage, einen Teil der ökologischen Nischen zu besetzen, die durch die Abnahme von Kabeljau und Co. frei geworden waren.

Durch seine geringe Maximalgröße von 45 cm hat sich der Knurrhahn vor allem auf das Fressen von Fischbrut spezialisiert. Mageninhaltsuntersuchungen zeigen, dass der Knurrhahn zeitweilig intensiv junge Kabeljau frisst. Bei größeren Knurrhähnen (über 30 cm) lag der Anteil an jungen Kabeljau im Magen bei bis zu 32 %, die meisten unter 10 cm lang. Ein großer Anteil des Kabeljaunachwuchses fällt also anderen Fischen wie dem Grauen Knurrhahn zum Opfer. Hinzu kommt, dass sich bei steigender Wassertemperatur die Vorkommen von großen Knurrhähnen und juvenilem Kabeljau stärker überlap-



Abb. 3: Grauer Knurrhahn



D. Stepputtis, vTI-OSF

Abb. 4: Junger Dorsch am Meeresboden

pen. Dies zeigt, dass Veränderungen im Klima auch einen Einfluss auf die Prozesse innerhalb des Nahrungsnetzes haben.

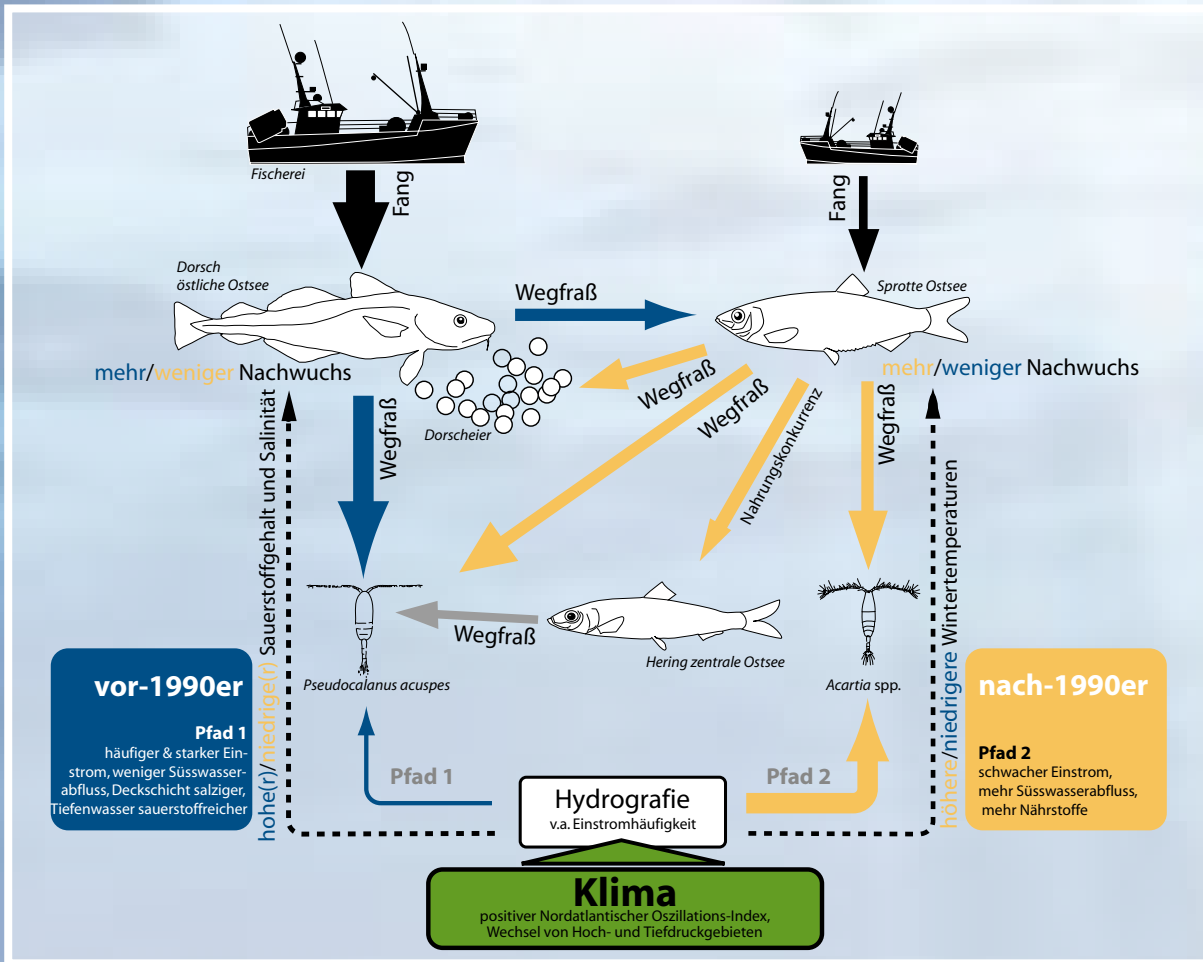
Der Wegfraß durch andere Tiere ist ein Faktor, der im Management der Bestände nicht vernachlässigt werden darf. Leider ist dies in den meisten Bestandsberechnungen und Vorhersagen noch immer der Fall. Deshalb wird am Institut für Seefischerei der Einfluss von Räuber-Beute-Beziehungen auf die Fischbestände der Nordsee intensiv untersucht. In der Mehrartenmodellierung, welche die Nahrungsbeziehungen der verschiedenen Arten untereinander berücksichtigt, werden verschiedene mögliche Zukunftsszenarien simuliert. Auf diese Weise kann getestet werden, ob aktuelle Managementpläne auch dann funktionieren, wenn Mehrarteneffekte einbezogen werden. Ziel sind neue Managementstrategien, die im Einklang mit dem Ökosystemansatz stehen. In diesem Ansatz wird gefordert, dass Fischerei nicht nur für die Zielart nachhaltig ist, sondern für das gesamte Ökosystem.

Dorsch in der Ostsee

Der in der Ostsee in zwei Beständen vorkommende Dorsch ist der „Brotfisch“ der kommerziellen Fischerei und auch für die Angler die bedeutendste Zielart. Anfang der 1980er Jahre wuchsen beide Dorschbestände, vor allem aber der östliche, durch Jahre mit guter Nachwuchsproduktion stark an; die Fischerei landete in den folgenden Jahren bis zu 440 000 t aus beiden Beständen an (1984).

In der Ostsee hängt die Rekrutierung in besonderem Maße von den Umweltbedingungen ab: Dorscheier können sich nur in salz- und sauerstoffreichem Wasser entwickeln. Beides ist in der Ostsee jedoch limitiert: Die tiefen Becken sind häufig sauerstoffarm, das Oberflächenwasser dagegen stark ausgesüßt. Die Schicht dazwischen, die für die Entwicklung noch geeignet ist, kann in einigen Jahren bis auf wenige Meter Dicke schrumpfen. Salz und Sauerstoff können bei bestimmten Wetterlagen aus der Nordsee eingetragen werden, „Einstromsituationen“ verbessern daher die Nachwuchsproduktion des Dorschs unmittelbar. Leider sind diese Einstromsituationen seit

Abb. 5: Veränderung des Nahrungsgefüges in der zentralen Ostsee (aus Hammer et al. 2008, nach einer Idee von C. Möllmann, verändert).



Beginn der 1990er Jahre immer seltener geworden. Dies hat – verbunden mit einer erheblichen illegalen Überschreitung der ohnehin häufig zu hoch angesetzten legalen Fangquote in der östlichen Ostsee – dazu geführt, dass die Fangmengen von fast 400 000 t auf weniger als 50 000 t zurückgegangen sind.

Die Wissenschaft musste daher viele Jahre eine Einstellung der Fischerei im Osten empfehlen, wenn der östlichen Bestand schnell und sicher wieder aufgebaut werden sollte. Erst seit 2006 wächst der Bestand wieder an, verursacht durch eine Kombination aus stärkerem Nachwuchs (Abb. 4) und stringenterer Durchsetzung der Höchstfangmengen. Der Regierungswechsel in Polen hatte hier unmittelbare Effekte als die Einrichtung eines EU-Managementplanes zum gleichen Zeitpunkt, der nun aber den Anstieg der Höchstfangmengen dämpft und damit eine schnelle Erholung des Bestandes sicherstellt.

Die Dorsch-Sprott-Schaukel

Die für den Nordsee-Kabeljau beschriebenen Mechanismen wirken auch auf den Ostsee-Dorsch, hier aber noch deutlicher überlagert

durch Änderungen der Umweltbedingungen (Abb. 5). Wie in der Nordsee hängt das Überleben der jungen Fischlarven unmittelbar vom Vorhandensein passender Nahrung ab. Bedingt durch geringen Sauerstoff- und Salzgehalt in der östlichen Ostsee hat die Abundanz des Ruderfußkrebse *Pseudocalanus acuspes* in den 1980ern und 90ern abgenommen, was unmittelbar zu einem geringeren Rekrutierungserfolg des Dorschs geführt hat. Selbst bei verbesserten Überlebensraten der Eier durch kräftige Salzwassereinträge kann so der Dorschbestand insgesamt nicht wieder aufgebaut werden, weil die Mortalität der Larven hoch bleibt. Jetzt kommt wie in der Nordsee eine weitere Fischart ins Spiel: die Sprotte.

Als eine der wesentlichen Beutearten des erwachsenen Dorschs hat sie direkt vom schlechten Zustand der Dorschbestände profitiert. Darüber hinaus haben hohe Wassertemperaturen und milde Winter die Nachwuchsproduktion der Sprotte zusätzlich befördert: Die Sterblichkeit der Eier ist bei höheren Temperaturen geringer, gleichzeitig nimmt die Abundanz der bevorzugten Nahrung der Sprottlarven, Ruderfußkrebse der Gattung *Acartia*, deutlich zu. Infolgedessen ist der Sprottenbestand der Ostsee in den letzten zehn Jahren auf ein Rekordniveau angewachsen. Er konkurriert nun mit den verblie-

benen Dorschlarven auch noch um deren bevorzugte Nahrung. Und schließlich wandelt sich der Gejagte zum Jäger: Erwachsene Sprotten fressen die ohnehin nur noch spärlichen Dorscheier und haben aufgrund ihrer enormen Anzahl plötzlich einen zusätzlichen negativen Effekt auf den Dorschbestand. Die Räuber-Beute-Kontrolle hat sich umgedreht.

Dorsch, der gejagte Räuber, hat in der östlichen Ostsee in den letzten Jahren möglicherweise mit einer Verlagerung der Hauptlaichzeit in den Sommer auf diesen Fraßdruck reagiert – zu dieser Zeit ist die räumliche Überlappung der Dorscheier mit Sprotten minimal. Das Institut für Ostseefischerei arbeitet intensiv an Fragen zum Laichzeit-Timing und zur Verbreitung der verschiedenen Lebensstadien von Dorsch und Sprott, um diese komplexen Mechanismen weiter aufzuklären und letztlich effektive Maßnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung aller Ostseebestände ableiten zu können.

Noch nicht angesprochen wurden Effekte des Kannibalismus: Der Dorsch hat durch seine geringe Abundanz in den letzten 15 Jahren kaum nennenswerten direkten Fraßdruck auf seine eigene Brut ausgeübt, die Sprotte hingegen schon. Bei einem schnell zunehmenden Dorschbestand in der östlichen Ostsee ist anzunehmen, dass die Sprottenbiomasse deutlich abnimmt, gleichzeitig aber auch der Kannibalismus der Dorsche wieder ansteigt und die Bestandsgröße sich schnell selbst reguliert. Wie weit die Dorschbiomasse unter den derzeitigen Umweltbedingungen anwachsen kann, ist noch nicht bekannt.

Effektives Fischerei-Management

Die Fischerei beeinflusst intensiv die Bestandsdichte und Verbreitung von Fischen. Vor diesem Hintergrund wird es immer wichtiger, die Wechselwirkungen zwischen natürlicher Sterblichkeit (z. B. durch Räuber oder Parasiten) und Fischerei im Zusammenhang mit einer Klimaänderung zu untersuchen.

Die nachhaltige Fischerei der Zukunft hängt von einem effektiven Management der fischereilichen Aktivität ab, welche wiederum das Wissen um den Zusammenhang zwischen Klimaänderung, Produktivität und Verbreitung von bewirtschafteten Beständen voraussetzt. In diesem Zusammenhang gibt die Forschung der vTI-Institute für Seefischerei und für Ostseefischerei Fischereimanagern die Möglichkeit, sich auf klimabedingte, ökologische Änderungen einzustellen, noch bevor sie eintreten. ■



*Dr. Matthias Bernreuther,
Johann Heinrich von Thünen-Institut,
Institut für Seefischerei, Palmallee 9,*

22767 Hamburg.

E-Mail: matthias.bernreuther@vti.bund.de.

*Dr. Christopher Zimmermann, Johann Heinrich von
Thünen-Institut, Institut für Ostseefischerei,
Alter Hafen Süd 2, 18069 Rostock.*

E-Mail: christopher.zimmermann@vti.bund.de



Dorsch-Forschungshol vom Fischereiforschungskutter „Clupea“

R. Singer/BLF