

SEEFISCHEREI

„Global Change“ und das Meer als Nahrungsquelle

Gerd Hubold, Institut für Seefischerei der Bundesforschungsanstalt für Fischerei Hamburg

„Global Change“ and its effect on marine resources.

The potential importance of marine production as a protein resource for a growing human population can hardly be overestimated. Climatic changes in the marine environment may affect marine production in a significant way. Increasing levels of UV-B may decrease primary production and thus diminish the food base for harvestable marine resources. Direct effects on early stages of fishes may occur. Temperature changes can lead to additional mortality in the early phase of life histories of fishes.

In spite of the potentially negative scenario, actual effects of global change on the resources have not been detected so far. The marine organisms dispose of a significant level of pre-adaptation to changes of environmental factors both on a seasonal and an interannual scale.

Effects on marine life may therefore be less dramatic than those on terrestrial systems, which are more directly linked with the exponentially growing human population.

Veränderungen des Klimas scheinen in naher Zukunft unausweichlich auf uns zuzukommen. Vielfältige Auswirkungen sind zu erwarten, unter anderem in der landwirtschaftlichen Produktion. Wie sieht es aber mit den Lebensbedingungen im Meer aus und wie können sich die anzunehmenden Veränderungen auf die Ökologie der Meereslebewesen und auf die Fischereierträge auswirken? Der folgende Beitrag stellt einige Zusammenhänge zwischen Klimawechsel und Meeresleben vor.

Das Meer als Nahrungsquelle

Meeresalgen produzieren mehr als die Hälfte des jährlich auf der Erde fixierten organischen Kohlenstoffs (100 Gigatonnen = 100 Milliarden t). Diese Menge Kohlenstoff entspricht einer zehnfachen produzierten Biomasse, also 1000 Gigatonnen. Von der gigantischen Primärproduktion gelangt weniger als 1/10 000 (0,01 %) als Fisch, Krebs oder Muschel in die menschliche Ernährung. Mehr als 80 % dieser Menge werden in den küstennahen Schelfgebieten gewonnen, während die weiten Ozeane produktions- und fischarm sind. Die Fischereiproduktion entspricht etwa der Landproduktion von Schweinefleisch und deckt 20 % des von Menschen verzehrten Proteins. Eine Verfünffachung der Meeresnutzung (also auf 0,05 % der Primärproduktion) könnte bereits den heutigen Proteinbedarf der Menschheit decken. Aufgrund der regionalen Konzentration der Menschen in den Küstengebieten und angesichts der weiterhin explosionsartig anwachsenden Bevölkerung ist die potentielle Bedeutung des Meeres für die zukünftige Welternährung daher kaum zu überschätzen.

Veränderungen des Fischereiertrags

Trotz des ungeheuren biologischen Potentials der Meere wächst der Weltfischfang nach vielen Jahren stetiger Steigerung nicht mehr und ist seit 1990 rückläufig. Nach der offiziellen FAO Statistik fiel der Ertrag von 86 Mio t (1989) auf 83 (1990) und 82 Mio t (1991 und 1992). In einigen Gebieten, wie z.B. in der Nordsee ist die Abnahme sogar noch deutlicher: von bis zu 4 Mio t zu Beginn der siebziger Jahre fiel der Gesamtfang auf heute 2,5 - 3 Mio t/Jahr.

Weltweit sind eine Reihe wichtiger Fischbestände in den letzten Jahren stark zurückgegangen: So verringerte sich die Biomasse des nordwestatlantischen Kabeljau vor der kanadischen Küste von 1,6 Mio t 1962 auf weniger als 50 000 t. Die Fischerei mußte eingestellt werden, in der Hoffnung, daß sich der Bestand wieder erholen kann. Ob sich diese Hoffnung erfüllt, hängt jedoch nicht nur von der Fischerei ab, sondern auch vom regionalen Klima.

Die Veränderung der Lufttemperaturen im Nordwest Atlantik läßt eine gewisse Periodik erkennen, nach der die derzeitige Abkühlungsphase erst weit nach der Jahrtausendwende wieder durch eine Erwärmung abgelöst werden könnte, die sich auf die Entwicklung der Kabeljaubestände in diesem Meeresgebiet günstig auswirken könnte.

Obwohl an den rezenten Zusammenbrüchen befischter Bestände die Fischerei maßgeblich beteiligt ist, ergibt sich auch in historischer Sicht ein starker Umweltbezug der Bestandsveränderungen: Bereits im Mittelalter wurden die nordeuropäischen Küstenfischereien auf den Hering von stark schwankenden Erträgen betroffen, obwohl die Fischereikraft aus heutiger Sicht gering war. So sind von der Bohuslänküste (Skagerrak, Schweden) seit dem Ende des 10. Jahrhunderts bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts neun Perioden guter Heringsfänge dokumentiert, in den Zwischenphasen brach die Fischerei zusammen und brachte der Küstenbevölkerung Zeiten großer Not (Devold, 1963; Sahrhage und Lundbeck, 1992).

Der gut dokumentierte Zusammenbruch der peruanischen Sardellenfischerei von 1972 war mit einem starken „El Niño“ Ereignis im Pazifik verbunden; in der Nordsee fiel der Niedergang der Heringsfischerei in den siebziger Jahren mit einer hydrographischen Anomalie zusammen, die die Verdriftung der Larven beeinflußt hatte (Corten, 1990). Beide Bestände erholten sich in der Folge unter geringerer Fischerei und „normalisierten“ klimatischen Bedingungen.

Fischerei und Umweltfaktoren

Diese wenigen Beispiele zeigen, daß Umwelteinflüsse eine erhebliche, wenn nicht sogar ausschlaggebende Bedeutung für die Entwicklung von Fischbeständen haben können; die Fischerei selbst bremsst oder beschleunigt die natürlichen Auf- und Abwärtstrends. Wenn dies so ist, dann gewinnen Überlegungen über mögliche nachhaltige Veränderungen unserer globalen Umwelt und damit des Meeres erhebliche Bedeutung für die Zukunft der Fischerei und möglicherweise für die Ernährung der Menschheit.

Welches sind nun die Einflüsse, denen die Fische ausgesetzt sind, und wie können mögliche Veränderungen greifen?

Fische stehen als Kaltblüter und kiemenatmende Wasserbewohner mit ihrem Element in enger Wechselwirkung: Sie sind auf einen definierten Bereich physikalischer und chemischer Umweltparameter angewiesen. Der tolerierbare Rahmen ist von der Evolution vorgegeben: Angepaßte Fische können in der Antarktis am Gefrierpunkt des Meerwassers bei $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ leben; andere Arten ertragen bis zu $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ und hohe Alkalinität in heißen Quellen afrikanischer Grabenseen. Diese Anpassungen haben sich über Hunderttausende von Jahren ausgeprägt.

In den Szenarien heutiger globaler Umweltveränderungen sind es vor allem zwei Faktoren, deren Veränderung sich unmittelbar auf die Meeresfische auswirken kann: Die erwartete Erhöhung der Oberflächentemperatur und eine Zunahme der UV-B-Strahlung. Beide abiotische Faktoren wirken direkt und indirekt über die Wechselbeziehungen in den Nahrungsnetzen auf die Fische ein.

Die Mehrzahl der genutzten Fisch- und Krebstierarten besitzt pelagische Eier und Larven, die in der ersten Zeit in Oberflächennähe als Plankton, d.h. passiv driften. Sie sind in dieser Phase darauf angewiesen, daß die Wassertemperatur eine normale Entwicklung zuläßt, eine entsprechende Dichte-Schichtung zur Aufrechterhaltung des Schwebzustandes vorhanden ist und keine schädliche Strahlung einwirkt. Die Häufigkeit von Freßfeinden muß im Einklang mit der Fruchtbarkeit der Fischart stehen, damit ein Überleben eines Teils der Eier gesichert ist. Weiterhin muß die Strömung die Eier und Larven in vorhersehbarer Weise zu den Aufwuchsorten transportieren, so daß sie in ihrem „Retentionsgebiet“ verbleiben können. Die frühen Larven brauchen nach dem Schlupf Nahrung, deren Zusammensetzung und zeitliches Auftreten wiederum von denselben abiotischen Faktoren (jedoch nicht immer in gleicher Weise) beeinflußt wird. Die Laichzeiten und -plätze der Fische sind an diese Bedingungen optimal angepaßt.

Der Effekt von UV-B

Eine Erhöhung der einfallenden UV-Strahlung kann bei Fischen zu Schäden führen, die dem menschlichen Sonnenbrand nicht unähnlich sind. So wurde experimentell nachgewiesen, daß Sardellenlarven eine signifikant erhöhte Mortalität unter UV-Einwirkung aufweisen (Hunter et al., 1981). UV-Strahlung nimmt Einfluß auf Bewegung, Orientierung, Enzyme, und kann die Erbinformation (DNS) schädigen. In gewissem Umfang entwickeln die Organismen gegen UV-Strahlung Schutzpigmente und Reparaturmechanismen. Auch durch Verhaltensänderungen können schädliche Strahlungen vermieden werden. Bei vielen Arten liegt die Laichzeit in Zeiten mit geringer UV-Intensität, so daß die Schäden bei den passiv driftenden frühen Stadien gering bleiben.

Indirekt können die Fische durch UV-bedingte Veränderungen im Nahrungsangebot beeinflußt werden. Nach einem worst-case-Szenario von Worrest und Häder (1989) soll eine Abnahme des Gesamt ozons um 16 % zu einer bis zu 5 % reduzierten Phytoplanktonproduktion führen. Über die

Nahrungskette soll dies zu einer 6-9 %igen Reduktion der Fischbestände führen (Häder et al., 1991).

Da die Eindringtiefe (1%-Niveau) des UV-Lichtes bei etwa 28 m (Ozean) liegt (Hardy und Gucinski, 1989), aufgrund der Trübung an den Küsten jedoch auf ca. 0,5 bis 1 m abnimmt (Häkstra, 1990), sind in den produktiven Küstenmeeren keine dramatischen Auswirkungen einer UV-Intensivierung zu erwarten (Kramer, 1990). Unberücksichtigt in den Globalmodellen ist auch die Tatsache, daß Phytoplankton, als Sammelbegriff für eine Vielzahl unterschiedlich angepaßter Arten, bei Veränderungen differenziert reagieren wird: So ertragen bereits im Normalfall die Zellen große jahreszeitliche Unterschiede in der Einstrahlung, und die weitverbreiteten Arten sind an um mehr als den Faktor 2 variierende UV-B-Energie auf verschiedenen geographischen Breiten angepaßt (Calkins und Thoradottir, 1980). Da die erdgeschichtlich wiederholt aufgetretenen Umkehrungen des Erdmagnetsystems zu „natürlichen“ Ozonverringerungen führen können, besteht auch die Möglichkeit einer relativ großen UV-Toleranz durch evolutionäre Präadaptation vieler Arten. Klare experimentelle Befunde stehen zur Zeit noch aus; sicher ist, daß verschiedene Arten verschieden reagieren werden, so daß es zu Verschiebungen in den Artenszusammensetzungen kommen kann. Diese können negativ, aber auch positiv in der Bilanz der Gesamtproduktion sein.

Veränderungen der Temperatur

Eine geringfügige Erhöhung der Oberflächentemperatur dürfte kaum negative Auswirkungen auf marines Leben haben, es sei denn in Gebieten, wo Sauerstoffmangel dadurch verstärkt werden kann. Eine Erhöhung der Temperatur führt bei Pflanzen und wechselwarmen Tieren zu einer Beschleunigung des Stoffwechsels, d.h. verstärkte Nahrungsaufnahme (vorausgesetzt, es steht Nahrung zur Verfügung), schnelleres Wachstum, frühere Reproduktion. Eine stabil temperaturgeschichtete Meeresoberfläche kann außerdem für die Entwicklung der frühen Stadien förderlich sein, die Überlebensraten können erhöht sein.

Globaler Wandel bedeutet aber nicht gleichmäßig ansteigende Temperaturen, sondern es können sogar lokale Abkühlungen wie in den grönländischen Kabeljaugebieten vorherrschen. Kurzfristige Schwankungen können verstärkt werden. Weitere indirekte Effekte sind eine erhöhte Sturmhäufigkeit und dadurch veränderte Turbulenzbedingungen, Veränderung der Niederschläge mit resultierenden Salzgehalts- und Dichteänderungen; möglicherweise Veränderung von Konvektion und Strömungen.

Alle diese Sekundärfolgen globaler Temperaturerhöhung können die empfindlichen frühen Stadien der Fische beeinträchtigen und zu erhöhter Mortalität von Fischbrut führen. Weitere indirekte Folgen können über die Nahrungskette in Form veränderter Nahrungs-/Feindspektren auftreten: Sowohl positive wie negative Veränderungen sind hier denkbar. Konkrete Beispiele und Modelle zu diesen komplexen biotischen Wechselwirkungen fehlen noch völlig.

Wo zeichnen sich Veränderungen ab?

Heutige Klimaveränderungen vollziehen sich auf kurzen Zeitskalen, die evolutionärer Anpassung nicht zugänglich sind. Eine unmittelbare Anpassung an neue klimatische Bedingungen ist daher nicht möglich. Vielmehr werden vorhandene Präadaptationen den Rahmen vorgeben, in dem sich heutige Arten anpassen können.

Da die heute existierenden Meeresfischarten vor den letzten Eiszeiten entstanden sind, können wir davon ausgehen, daß zumindest die borealen „Allerweltsarten“, d.h. die meisten für die Fischerei nutzbaren Massenfische, eine relativ gute Präadaptation gegenüber eiszeitlich/warmzeitlichen Klimaveränderungen aufweisen.

Das bedeutet, daß die Fische durch eine geringfügige Temperaturerhöhung oder -senkung und durch veränderte Strömungs- und Turbulenzbedingungen im Fortbestand ihrer Art nicht in Gefahr geraten werden. Vielmehr werden sich gemäß den klimatischen und hydrographischen Bedingungen die Verbreitungsgebiete verändern, da der jeweilige Lebenszyklus nur in einem adäquaten ozeanographischen Regime absolviert werden kann. Saisonale Wanderungen, Laichplätze und Aufwuchsgebiete werden sich entsprechend verlagern. Beispiele hierfür finden sich in der jüngsten Vergangenheit in der Verlagerung der Nordseemakrelen in die westbritischen Gewässer (Corten, 1990), im Verschwinden des Nordwestatlantischen Kabeljaus im Zusammenhang mit einer Serie kalter Jahre und abnehmenden Wassertemperaturen bei Grönland und Neufundland, oder in der Verlagerung der Lachsfänge im Nordwestpazifik in den Jahren nach 1980.

Für ortsgebundene Küstenfischereien (wie die mittelalterliche Heringsfischerei, aber auch die heutige kanadische Kabeljaufischerei) sind solche Verlagerungen ruinös. Nur flexible moderne Fernfischereien können den Beständen folgen und sie auf neuen Gründen befischen, sofern die Bestandsgrößen nicht deutlich verringert werden. Eine Veränderung der Bestandsgrößen und ihrer Produktivität ist jedoch bei Verbreitungsänderungen wahrscheinlich. Wie von Sinclair (1988) am Beispiel der nordatlantischen Heringsbestände nachgewiesen, besteht eine Relation zwischen Bestandsgröße und der hydrographischen Struktur, in der ein Bestand seinen Lebenszyklus vollendet. Veränderungen von Fischbeständen aufgrund von lokalen Klimaänderungen sind in diesem Szenario zu erwarten.

Aussichten für die Fischerei

Globaler Wandel steht ins Haus, und die erwarteten Effekte werden Auswirkungen auf das Meer und die Fische haben. Dabei können sowohl positive als auch negative Veränderungen auftreten. Erwärmung, Abkühlung und Veränderungen im Strömungsgeschehen können zu Arten- und Bestandsverschiebungen führen; es ist sogar denkbar, daß einzelne, empfindliche Arten aussterben könnten. Da das ökologische Gefüge im Meer jedoch von vielfältigen Regelkreisen gesteuert wird, sind pauschalierende Aussagen jedoch wertlos.

Derzeitige Erkenntnisse lassen keine seriösen Schätzungen über eine tatsächliche Verringerung der globalen oder regionalen Primärproduktion durch UV-Schädigung zu. Noch viel weniger

können die vielfältigen Einflüsse globaler und regionaler Temperaturverschiebungen auf genutzte Fischbestände modelliert werden.

Unabhängig vom Ausmaß und Ausrichtung der zu erwartenden Veränderungen muß sich die Fischerei weltweit stärker als in der Vergangenheit auf kurzzeitige Veränderungen ihrer Fangobjekte einstellen. Ein flexibleres Management, daß sich auf fundierte wissenschaftliche Grundlagen stützt und eine an die wechselnden Bestandslagen und Fischressourcen dynamisch anzupassende Fischerei sind die wesentlichen Voraussetzungen, um dieser „natürlichen“ Herausforderung zu begegnen.

Wahrscheinlich ist, daß das Meer und die Mehrzahl seiner Bewohner "Global Change" überleben werden und daß auch in Zukunft dem Menschen Nahrung aus dem Meer erwachsen kann. Ungewiß dagegen ist, ob angesichts des ungebrochenen und katastrophalen Bevölkerungswachstums eine immer anfälliger menschliche Zivilisation „Global Change“ überleben kann. Diese Hoffnung erscheint mir sehr viel weniger begründet.

Zitierte Literatur

- Calkins, J., Thordardottir, T.: The ecological significance of solar UV radiation on aquatic organisms. *Nature* 283: 563-566, 1980.
- Corten A.: Long term trends in pelagic fish stocks in the North Sea and adjacent waters and their possible connection to hydrographic changes. *Netherlands J. of Sea Res.* 25(1/2): 227 - 235, 1990.
- Devold F.: The life history of the Atlanto-Skandian Herring. *ICES Rapp. P. Verb.* 154:98-108, 1963.
- Häder, D.-P., Worrest, R.C., Kumar, H.D.: Aquatic ecosystems. Chapter 4, pp. 33-40, 1991. In UNEP Environmental Effects of Ozone Depletion: 1991 Update. United Nations Environmental Programme.
- Hardy, J., Gucinski, H.: Stratospheric ozone depletion: implications for marine ecosystems. *Oceanography (Washington)* 2(2): 18-21, 1989.
- Hekstra, G.P.: Man's impact on atmosphere and climate: a global threat? Strategies to combat global warming. pp. 5-16 In Beukema, J.J. et al. (Eds.), "Expected Effects of Climatic Change on Marine Coastal Ecosystems." *Developments in Hydrobiology* 57. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1990.
- Hunter, J.R., Kaupp, S.E., Taylor, J.H.: Effects of solar and artificial UV-B radiation on larval northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Photochemistry and Photobiology* 34: 477-486, 1981.
- Kramer, K.J.M.: Effects of increased solar UV-B radiation on coastal marine ecosystems: an overview. pp. 195-210 In Beukema, J.J. et al. (Eds.), "Expected Effects of Climatic Change on Marine Coastal Ecosystems." *Developments in Hydrobiology* 57. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1990.
- Sahrhage D., Lundbeck J.: *A History of Fishing*. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York; :1 - 348, 1992.
- Sinclair M.: *Marine Populations. An Essay on Population Regulation and speciation*. Books in Recruitment Fishery Oceanography. Wash. Sea Grant Prog., Univ Wash Press, Seattle: 252 pp., 1988.
- Stein M.: *Climatic Conditions Around Greenland - 1992*. NAFO SCR Doc. 93/8:13 pp., 1993.
- Worrest, R.C., Häder, D.-P.: Effects of stratospheric ozone depletion on marine organisms. *Environmental Conservation* 16(3): 261-263, 1989.