

4. DAS MEER: ÖKONOMISCHE ASPEKTE

Mit dem Klimawandel im Meer verändern sich viele Faktoren wie Wassertemperatur, Meeresspiegel, pH-Wert und Meeresströmung. Diese Veränderungen haben auch ökonomische Folgen. Genutzte Fischarten wie Kabeljau verschieben ihre Verbreitungsgebiete. Wärmeliebende Arten wie Pazifische Auster vermehren sich massenhaft im Wattenmeer und verdrängen Nutzarten wie die Miesmuschel. Gewinner des Klimawandels kann der Schiffsverkehr werden, da kürzere Wege z.B. nach Asien durch den Rückgang des arktischen Meereises möglich werden; ökologisch gesehen, birgt das Gefahren durch Verschmutzung und Schiffsunfälle. Auch für die Erholung an der Küste in Mittel- und Nordeuropa eröffnen sich bessere Perspektiven, da die sommerliche Lufttemperatur in Südeuropa häufig nicht mehr so angenehm sein wird. Negativ könnte sich auch eine erwärmungsbedingte Zunahme im Auftreten toxischer Algenblüten auswirken. Andere Themen in diesem Kapitel sind regenerative Energien aus dem Meer, Nutzung der Methanhydratvorkommen, Bodenschätze der Meere, das Seerecht und wirtschaftliche Folgen des El Niño-Phänomens.

4.1 Globale Prognosen der Auswirkungen der Erwärmung auf die Fischerei

DANIEL PAULY & WILLIAM W. L. CHEUNG

Global prediction of the effects of global warming to the fishery: Given the absence of global assessment of the effects of global warming thus far, we have developed a four-step procedure to develop such assessment in form of maps. Step 1 involves the mapping of each species' distribution range for over thousand commercially exploited fishes and invertebrate species, and the identification, based thereon, of a temperature preference profile for each of the species in question. Step 2 involves the derivation of an empirical equation linking, other things being equal, the distribution areas mentioned in (1) to their catch potential. Step 3 involves shifting the distribution range maps in (1) along predicted temperature gradients (and other ocean conditions) for the next 50 years to simulate the poleward migration of these species as they attempt to maintain their temperature preference profile. This step generates global maps of invasions, especially in the Arctic and Antarctic, and extirpations, especially in the tropics and at the poles. Step 4 uses the predicted future distributions and the empirical equations from Step 2 to predict future catch potential for the global oceans. This step generates a global map of change in aggregate catch potential, whose main features are that the catch potential of a few high latitude countries (notably Norway and Iceland) may increase by 20–40%, while tropical countries will see their catch potential decline by 10–30%. These four steps, however, ignore major factors that are predicted to reduce the productivity of future fisheries, notably increased stratification of the global oceans leading to reduction of dissolved oxygen, and increased acidification, which should also induce respiratory problems in fishes. Together, these and other factors briefly touched upon will contribute to a world where there will be no winners as the result of global change, at least as far as marine fisheries are concerned.

Für Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen gibt es mehrere Wege, einen Beitrag zu den Diskussionen über den Klimawandel zu leisten. Selbstverständlich ist die wissenschaftliche Grundlage hierfür der natürliche Treibhauseffekt, dessen Existenz bereits vor über 100 Jahren durch Svante ARRHENIUS (1896) beschrieben wurde. CHARLES KEELING, JAMES HANSEN und andere, deren Arbeiten in den verschiedenen IPCC-Berichten zitiert werden, konnten aber erst in den letzten drei Jahrzehnten empirisch nachweisen, dass der Mensch in der Lage ist, nicht nur den natürlichen Treibhauseffekt zu beeinflussen, sondern das Klima der Erde insgesamt in gefährlicher Weise zu verändern.

Ökologisch betrachtet sind beim Klimawandel viele Rückkopplungsprozesse und Mechanismen wirksam, die mit einigen Ausnahmen überwiegend von physikalischer und chemischer Natur sind (siehe WILSON et al. 2009 u.a.). Das bedeutet, dass die Reaktion der ökologischen Systeme am Ende der Folgen des Klimawandels

stehen. In diesem Sinne studieren Ökologen, wie Ökosysteme und deren Arten auf durch den Klimawandel bedingte physikalische Änderungen reagieren werden. Terrestrische Ökologen haben dabei einen Vorsprung, nicht zuletzt weil sie von umfassenden Informationen aus natürlichen (wie Wäldern und Savannen) und landwirtschaftlichen Systemen Gebrauch machen können, für die bereits zahlreiche Daten verfügbar sind.

Solche Datenmengen sind für die Meeresbiologie und die Fischerei nur in weit geringerem Maße vorhanden. In diesen zwei Disziplinen sind es deren Fachleute gewöhnt, nur in einem begrenzten geographischen Gebiet und mit wenigen Arten zu arbeiten, um Hypothesen mit begrenzter Reichweite zu prüfen (PETER 1991). Das gilt besonders für die Fischereiwissenschaft. Als Reaktion auf die Herausforderungen des globalen Klimawandels wurden in dieser Disziplin zumeist nur lokale Studien erstellt (s. z.B. PERRY et al. 2005), aus denen globale Schlußfolgerungen gezogen werden. Diese

Betrachtungswise erscheint bedenklich, insbesondere wenn man die Frage nach dem repräsentativen Charakter der untersuchten Arten und Gebiete stellt.

Vier Schritte zur Darstellung der Auswirkungen der Meereserwärmung

Unser *Sea Around Us* Projekt (PAULY 2007) hat eine globale Aufgabe: die Beschreibung des Einflusses der Fischerei auf die marinen Ökosysteme weltweit. In Erfüllung dieser Aufgabe kartierten wir zunächst den Aufstieg und Niedergang der weltweiten Fischerei seit 1950 (WATSON et al. 2004). Die im Laufe dieser Arbeit gesammelten Daten und Erkenntnisse erlauben uns nun, mit einer guten Grundlage die mit dem globalen

Klimawandel verbundenen Fragen anzugehen. Die von uns entwickelten Schritte zur Abschätzung der Auswirkungen der globalen Erderwärmung auf die Ozeane, und damit auf die marine Biodiversität und auf die weltweite marine Fischerei, sind folgende:

Schritt 1 war die Entwicklung eines Modells, das Verschiebungen der Artenverteilung (allgemein polwärts und in tieferes Wasser) als Folge lokaler Temperaturzunahme beschreibt. Die Grundlage bilden über 1.000 Detailkarten zur Verteilung von Nutzfischen und Evertebraten (wirbellose Tiere), die wir im Rahmen des *Sea Around Us* Programms aufzeichneten (s. Abb. 4.1-1).

Dabei handelt es sich um Fischarten oder wirbellose Tiere, für die zumindest ein Mitgliedsland Fangdaten an die FAO (Food and Agriculture Organization

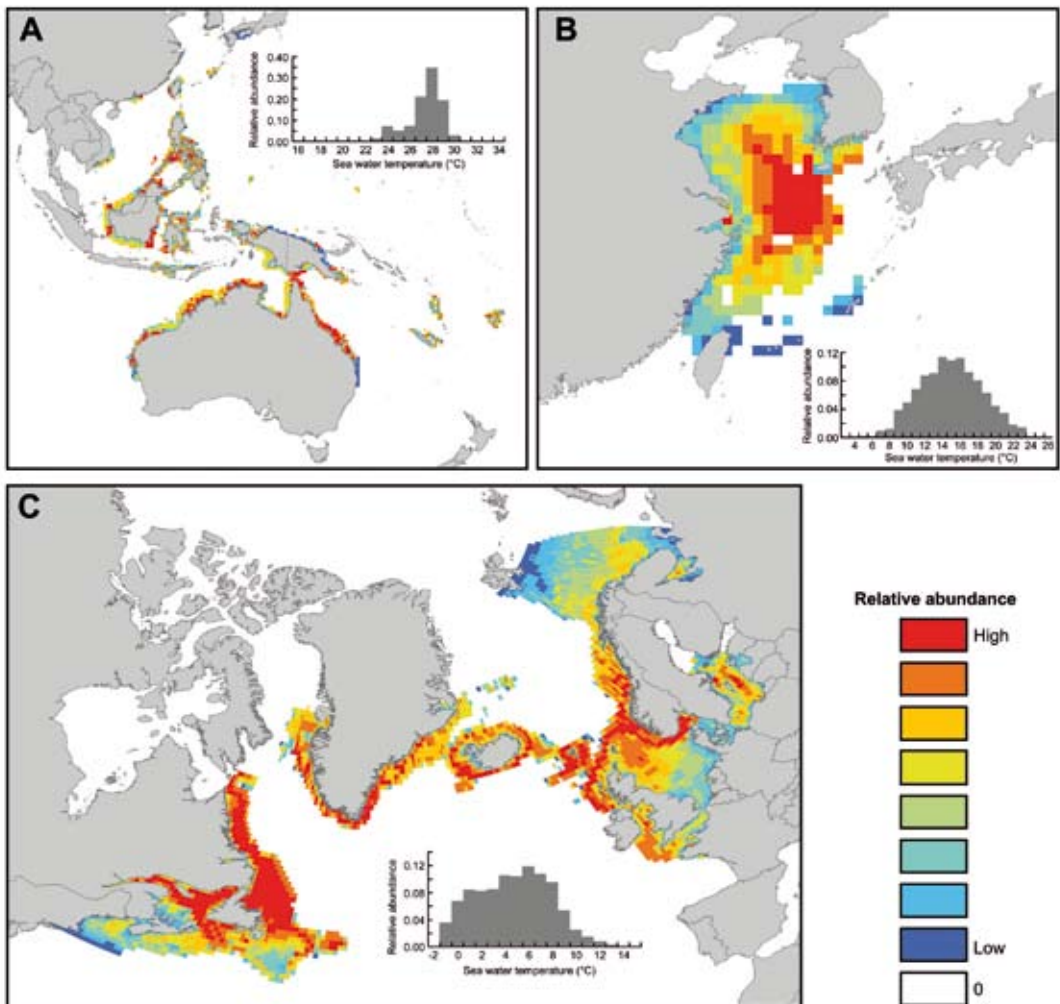


Abb. 4.1-1: Beispiele von gegenwärtigen Verteilungskarten, erstellt wie beschrieben in CLOSE et al. (2006), und die resultierenden bevorzugten Temperaturprofile (eingebaute Säulediagramme). A: Leopard Forellenbarsch *Plectropomus leopardus*; B: Gelber Adlerfisch *Larimichthys polyactis*; C: Atlantischer Dorsch *Gadus morhua*. Ähnliche Karten, bezogen auf über 1.200 Fischarten und höhere Taxa, stehen unter www.seaaroundus.org.

of the United Nations – Welternährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen) zur Verfügung stellt. Von jeder dieser Karten, deren Herstellung durch CLOSE et al. (2006) dokumentiert ist, wurde ein durch die untersuchte Art bevorzugtes Temperaturprofil abgeleitet. Es ist definiert als die durch die Art am meisten besiedelte Wassertemperatur (*Abb. 4.1-1* – eingefügte Karte). Danach wurde für jedes geographische Rechteck (halber Breitengrad \times halber Längengrad) ein populationsdynamisches Modell gerechnet, dessen Eingaben die (zwei)jährige Produktion von Eiern und Larven sowie deren Ausstoß proportional zur lokalen Dichte in der Verteilungskarte sind (*Abb. 4.1-1*). Das Modell nimmt an, dass das Überleben der Eier und Larven weitgehend durch die Wassertemperatur bestimmt wird, oder genauer – durch die Abweichung der lokalen Temperatur vom Temperaturoptimum jeder einzelnen Art (d.h. der Modalwert ihres Temperaturprofils). In dem Maße, in dem diese Organismen der Temperaturzunahme in allen Breitengraden entsprechend wachsen, kommt es bei allen Arten zu einer polwärts gerichteten Verlagerung ihrer Siedlungsgebiete, und zwar so lange, bis ihr ursprüngliches Temperaturoptimum wieder erreicht ist (s. CHEUNG et al. 2008).

Die von uns für dieses Projekt verwendeten Temperaturdaten wurden mit Hilfe des gekoppelten GCM-Modells (Ocean-Atmosphäre coupled general circulation model CM 2.1) gewonnen. Die Modelldaten wurden vom NOAA's Geophysical Fluid Dynamics Laboratory durch Professor Jorge SARMIENTO (Princeton University) zur Verfügung gestellt. Diese Daten geben Informationen nicht nur über Änderungen der Temperatur, sondern auch über Änderungen der Meeresströmungen und der Primärproduktion. Die Auswirkungen der ozeanographischen Bedingungen wurden für drei Kohlendioxid-Emissionsszenarien: 370 ppm, 550 ppm und 720 ppm bis zum Jahr 2100 geprüft, Projektionen aber nur bis zum Jahr 2050 erstellt.

Schritt 2 ist die Ermittlung robuster Beziehungen zwischen Distributionsareal und Produktivität von marinen Arten. Mit diesen können die Änderungen der in Schritt 1 generierten Fischverteilungen im zweiten Schritt als Änderungen der Produktivität zukünftiger Fischereien ausgedrückt werden.

Eine geeignete mathematische Beziehung wurde durch CHEUNG et al. (2008) beschrieben:

$$\log C_p = -2.881 + 0.826 \times \log PP - 0.505 \times \log A - 0.152 \times \lambda + 1.887 \times \log CT + 0.112 \times \log HCT + \varepsilon$$

Dabei sind:

C_p = der potenzielle Fang (t/Jahr), geschätzt als Mittelwert über fünf Jahre, in denen die höchsten Fänge erzielt wurden,

PP = die jährliche Primärproduktion im Verbreitungs-

areal ($g \times C$);

A = das Verbreitungsareal in km^2 ;

λ = das trophische Niveau (d.h. die Ebene des Organismus im Nahrungsnetz);

CT = die Anzahl der Jahre, die zur Berechnung von C_p verwendet wurde;

HCT = der gemeldete Fang in der zugehörigen Gattung oder Familie (damit Fänge, die nicht als Art in die Fangstatistiken eingehen, auch berücksichtigt werden können), und

ε = der Fehler im Modell, der 70% der Variabilität in einem Datensatz bestehend aus 1.066 genutzten Arten (837 Fischarten und 229 Wirbellose) erklärt, obwohl er so verschiedene Arten wie den antarktischen Krill (*Euphausia superba*) und den Gelbflossen-Thun (*Thunnus albacares*) enthält.

Schritt 3 ist die Anwendung des in Schritt 1 beschriebenen Modells zur regionalen Artenverschiebung auf die 1.066 berücksichtigten Arten. Die Ergebnisse führen zu globalen Karten (*Abb. 4.1-2*), die Regionen aufzeigen, wo vornehmlich Arten aussterben (in den Polargebieten und in der tropischen Zone; *Abb. 4.1-2A*) und Regionen, wo vornehmlich Arten einwandern, (*Abb. 4.1-2B*). *Abb. 4.1-2* enthält somit die ersten Karten zur globalen Verteilung der Bedrohung der marinen Biodiversität durch den Klimawandel (s. CHEUNG et al. 2009). Da diese Darstellungen auf großen Datensätzen und auf Arten mit großer Biomasse beruhen und weil die resultierenden polwärts gerichteten Migrationsgeschwindigkeiten in unseren Berechnungen den empirischen Schätzungen (20–50 km/Jahrzehnt für Grundfischarten) ähnlich sind, glauben wir, dass die identifizierten Tendenzen repräsentativ sind und dementsprechend als Leitlinien für zukünftige Arbeiten über die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die marine Biodiversität dienen können.

Schritt 4 ist die Kombination des potenziellen Fangs aus Schritt 2 mit den Artenverschiebungen aus Schritt 3. Dadurch ergibt sich die Karte über die Änderung der potenziellen Fangerträge für das ganze Weltmeer (*Abb. 4.1-3*). Wenn wir diese Ergebnisse auf eine Karte mit den 200 Seemeilen der ‚Ausschließlichen Wirtschaftszonen‘ (AWZ) der Küstenländer legen, können wir sehen, dass einige Länder (Norwegen, Island) in höheren Breiten die möglichen Gewinner von der geräumigen Umverteilung der Fischarten sind. Sie können mit einer potenziellen Zunahme ihrer Fänge bis zu 40% rechnen, während die potenziellen Fänge tropischer Länder einen Rückgang von 10–30 % erfahren werden (CHEUNG et al. 2010).

Für die Länder Westeuropas, einschließlich Deutschland, werden nur verhältnismäßig kleine Änderungen in den potenziellen Fängen vorhergesagt, obwohl davon auszugehen ist, dass viele herkömmliche

Arten durch Zuwanderer aus südlicheren Gefilden ersetzt werden (Abb. 4.1-3). Nach PERRY et al. (2005) u.a. hat diese Anpassung bereits begonnen, besonders in der Nordsee. Die Fischerei wird sich darauf einstellen müssen. In großen Ländern, wie den USA und Australien, die sich über eine große geographische Region erstrecken, können die positiven Änderungen in höheren Breiten die negativen Änderungen in niedrigeren Breiten bis zu einem gewissen Grad kompensieren (s Abb. 4.1-3).

Wir gehen hier davon aus, dass die Ergebnisse unserer Arbeiten die internationale Forschung über diese

Problematik anregen werden, da unsere Ergebnisse auf einem großen Datensatz basieren und somit nicht nur für lokale Bedingungen repräsentativ sind.

Präzisierung der ersten erzielten Ergebnisse

Die Ergebnisse der oben skizzierten Arbeit erlauben auch die Identifizierung von Grenzen und Unzulänglichkeiten unserer Kenntnissen in der Welt der marinen Biodiversität. So gibt es beispielsweise viele Länder,

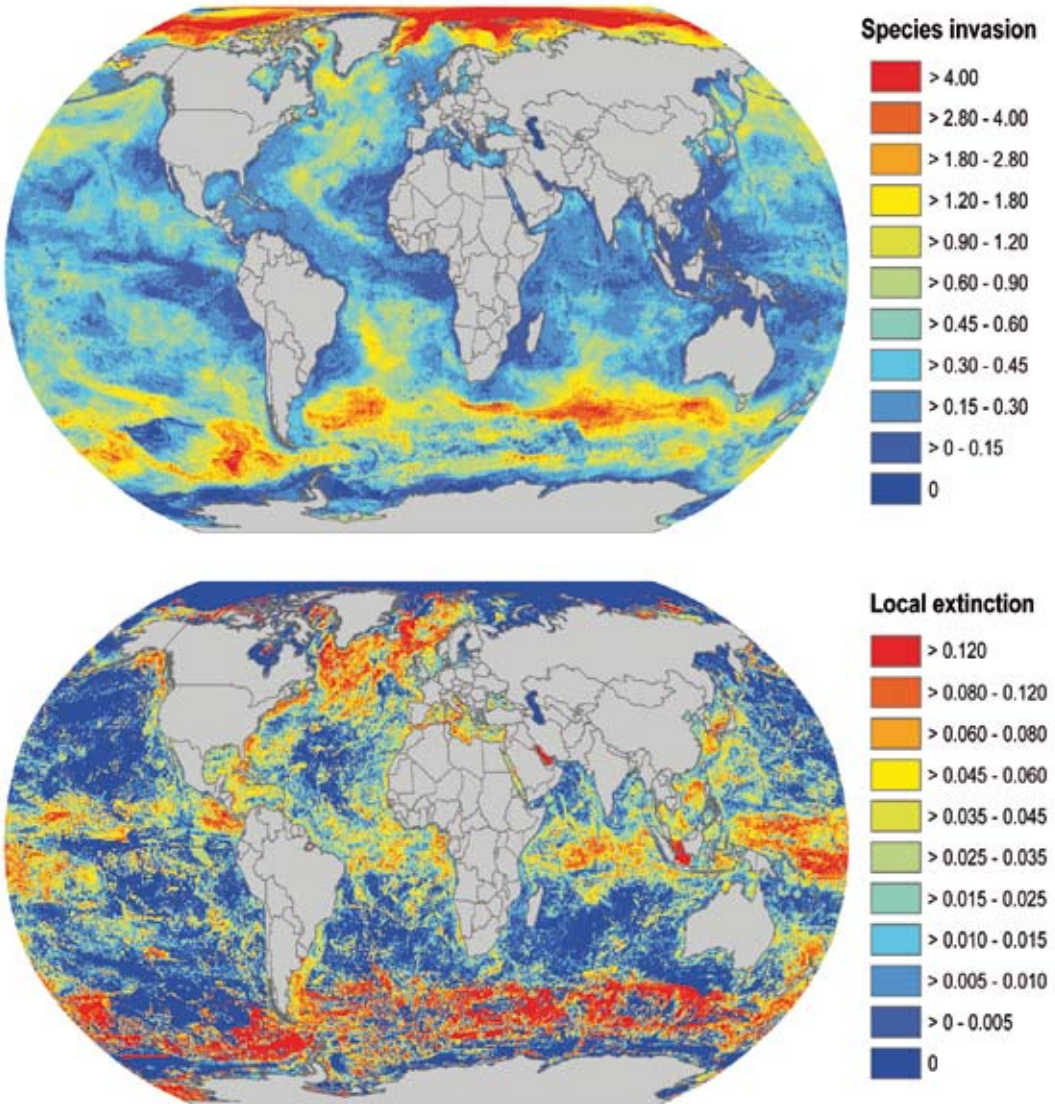


Abb. 4.1-2: Änderungen in der globalen marinen Biodiversität wie vorhergesagt für die 2050er Jahre durch ein Modell, das Daten aus dem gekoppelten Modell Atmosphäre/Ozean mit einem Satz biologischer Gesetze zur Dynamik und Verteilung repräsentativer Fischarten ($n = 837$ Arten) und Wirbellose ($n = 229$ Arten) verbindet. A: Intensität der globalen Arteneinwanderung mit den höchsten Werten in höheren Breiten; B: Intensität im globalen Artensterben mit den höchsten Werten in den Tropen (aus CHEUNG et al. 2009).

die in ihren an die FAO gelieferten Fangstatistiken die Fangerträge aus küstennahen Kleinfischereien nur wenig berücksichtigen oder sogar komplett außer acht lassen. In der Zukunft werden wir dies dadurch korrigieren, dass die Fänge der Kleinfischerei jedes Landes mit einer AWZ neu berechnet werden (siehe z.B. ZELLER & PAULY 2007). Die größte Schwäche unserer bisherigen Studie ist allerdings wahrscheinlich die geringe Berücksichtigung von vier weiteren Faktoren, die wir kritisch diskutieren wollen:

Der erste bislang vernachlässigte Faktor ist die Menge an gelöstem Sauerstoff im Meer, die in der Zukunft generell abnehmen wird, weil stärkere Temperatur-Tiefengradienten die Durchmischung der Weltmeere reduzieren werden. Wir werden diesen potenziell starken Effekt in der fischereibiologischen Produktivität durch detaillierte Berücksichtigung des Sauerstoffeffekts beim Fischwachstum in Betracht ziehen müssen (PAULY 1981, 2010).

Der zweite bisher auch noch nicht hinreichend berücksichtigte Faktor ist die Versauerung des Meerwassers (FEELY et al. 2004; ORR et al. 2005), welche bei weitem nicht nur die Korallen und kalkbildenden Tiere [und Planktonalgen] negativ beeinflussen wird (siehe e.g., COOLEY & DONEY 2009). Wie zu vermuten ist, wird sie die Atmung aller aquatischen Tiere – in gleichem Maße für Fische und Wirbellose – beeinträchtigen. Ihre Kiemen dienen ja nicht nur der Aufnahme von Sauerstoff, sondern sind auch Orte für die Ausscheidung des wäh-

rend des Metabolismus produzierten Kohlendioxids in das umgebende Wasser. Aufgrund des Anstiegs des CO_2 -Gehalts im Wasser müssen Wasser-atmende Organismen mehr Energie – damit mehr Sauerstoff – zum Ventilieren und Ausscheiden des CO_2 durch ihre Kiemen verbrauchen (PÖRTNER et al. 2004; PÖRTNER 2008). Es gibt empirische Argumente, dass dies eine negative Wirkung auf die Produktionsleistung der aquatischen Organismen und dementsprechend auf die potenziellen Fangerträge der genutzten Arten haben wird (u.a. MUNDAY et al. 2009).

Der dritte Faktor, den wir vermehrt betrachten müssen, ist die Primärproduktion. Obwohl die von uns benutzten ozeanografischen Daten angeben, dass die Primärproduktion in ihrem Gesamtniveau in den nächsten Jahrzehnten gleich bleiben wird, wird sie sich mehr aus kleinen Zellen (Picoplankton und verschiedene Flagellaten) und weniger aus großem Phytoplankton (besonders Diatomeen) zusammensetzen, das bisher die wesentliche Grundlage für das Nahrungsnetz und dessen Produktion im Meer ist (LONGHURST 2007). Wir werden dies in unserem Modell durch den Einbau eines trophischen Niveaus zwischen dem kleinen Phytoplankton und Zooplankton berücksichtigen müssen. Das wird den Anteil der Primärproduktion reduzieren, die als Nahrungsgrundlage der Nutzfische zur Verfügung steht.

Schließlich muss auch erwähnt werden, dass die aktuelle Version des gekoppelten GCM-Modells die Dynamik der Wassermassen entlang von Küstenlinien und über den Schelf nicht zufriedenstellend wiedergibt.

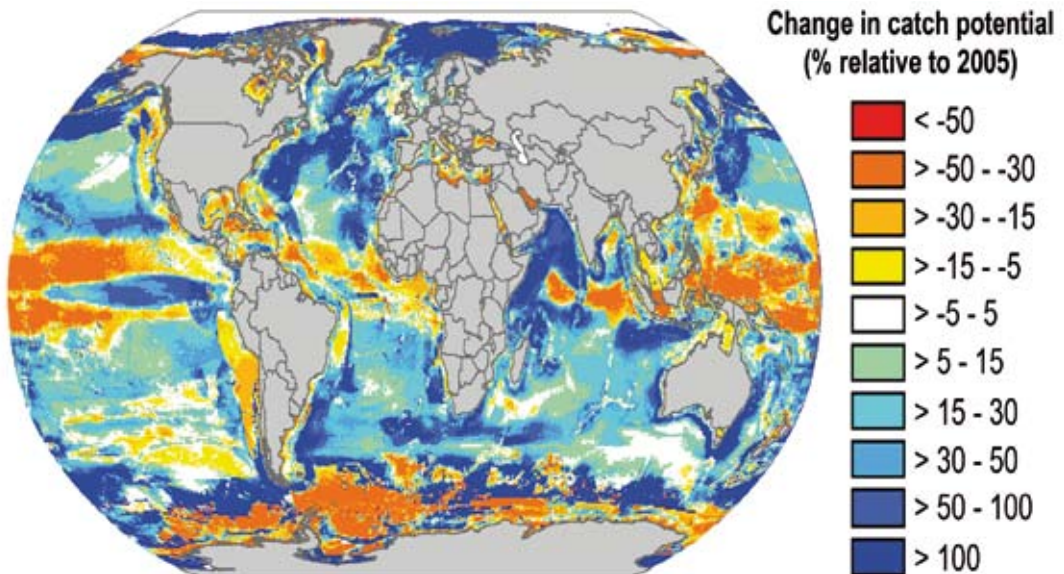


Abb. 4.1-3: Vorhergesagte Änderung im fischereilichen Potential bedingt durch die in Abb.4.1-2 an zwei Beispielen dargestellten und nach Gleichung (1) berechneten Verschiebungen in der Verteilung von Fischen. Für einige Länder in höheren Breiten (wie Norwegen und Island) wird eine Zunahme (20–40%) ihres fischereilichen Potentials vorhergesagt, während die Fänge in den tropischen Ländern um 10–30% aufgrund der Vorhersagen zurückgehen werden (CHEUNG et al. 2010). Allerdings werden in diesen Vorhersagen die Änderungen aufgrund der Verfügbarkeit von Sauerstoff und Versauerung der Meere nicht berücksichtigt; sie sind also optimistische Szenarien (Siehe Text).

Dort kommen viele genutzte Arten vor, was in einigen Regionen zu einer beträchtlichen Unsicherheit in den kleinräumigen Projektionen führt. Aus diesem Grund führen wir regionale Fallstudien (z.B. in Westaustralien) durch, in denen physikalische Daten aus regionalen ozeanographischen Modellen mit einer feinen Auflösung in unseren biologischen Modellen angewandt werden. Die bisherigen Ergebnisse lassen die Vermutung zu, dass die Muster in den Artenverschiebungen – wie in den globalen Modellen gezeigt wird – auch auf regionale Maßstäbe angewandt, generell robust bleiben. In der Zukunft werden wir jedoch Daten aus dem GCMs mit feiner Auflösung und größerer Repräsentativität für Küstenbereiche verwenden.

Unsere zukünftige Arbeit wird sich mit den oben beschriebenen Schwächen befassen, um sie möglichst zu beseitigen. Wir erwarten, dass sie Schätzungen von zukünftigen Fangpotentialen ohne Gewinner produzieren wird. Die Weltfischerei wird insgesamt starke Einbußen zu verzeichnen haben, und dieser Effekt wird am stärksten in den Tropen sein. Andererseits zeigt unsere Arbeit bereits heute: Je schneller gegen die Grundursache des globalen Klimawandels (d.h. die Emission von Treibhausgasen) vorgegangen wird, desto besser wird es für Millionen von Menschen sein, die direkt oder indirekt vom Meer für ihren Lebensunterhalt abhängen.

Danksagung: Diese Zusammenfassung ist ein Produkt des *Sea Around Us*, eine wissenschaftliche Kooperation zwischen der Universität von British Columbia und dem Pew Environmental Group.

Literatur

- ARRHENIUS S. (1896): On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science* (fifth series), 41: 237–275.
- CHRISTENSEN V., C.J. WALTERS, R. AHRENS, J. ALDER, J. BUSZOWSKI, L.B. CHRISTENSEN, W.W.L. CHEUNG, J. DUNNE, R. FROESE, V. KARPOUZI, K. KASCHNER, K. KEARNEY, S. LAI, V. LAM, M.L.D. PALOMARES, A. PETERS-MASON, C. PIRODDI, J.L. SARMIENTO, J. STEENBEEK, R. SUMAILA, R. WATSON, D. ZELLER & D. PAULY (2009): Database-driven models of the world's Large Marine Ecosystems. *Ecological Modelling* 220: 1984–1996.
- CHEUNG W.W.L., V.W.Y. LAM, J.L. SARMIENTO, K. KEARNEY, R. WATSON, D. ZELLER & D. PAULY (2010): Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. *Global Change Biology* 16: 24–35.
- CHEUNG W.W.L., V.W.Y. LAM, J.L. SARMIENTO, K. KEARNEY, R. WATSON & D. PAULY (2009): Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and Fisheries* 10: 235–259.
- CHEUNG W.W.L., C. CLOSE, V. LAM, R. WATSON & D. PAULY (2008): Application of macroecological theory to predict effects of climate change on global fisheries potential. *Marine Ecology Progress Series* 365: 187–193.
- CHEUNG W.W.L., V.W.Y. LAM & D. PAULY (editors) (2008): *Modelling Present and Climate-shifted Distribution of Marine Fishes and Invertebrates*. Fisheries Centre Research Report 16(3), 72 pp.
- CLOSE C., W. CHEUNG, S. HODGSON, V. LAM, R. WATSON & D. PAULY (2006): Distribution ranges of commercial fishes and invertebrates, 27–37 In: M.L.D. PALOMARES, K.I. STERGIOU & D. PAULY (eds.) *Fishes in Databases and Ecosystems*. Fisheries Centre Research Reports 14(4).
- COOLEY S.R. & S.C. DONEY (2009): Anticipating ocean acidification's economic consequences for commercial fisheries. *Environmental Research Letters*, 4(1) 024007. doi:10.1088/1748-9326/4/2/024007.
- FEELY R.A., C.L. SABINE, K. LEE, W. BERELSON, J. KLEYPAS, V. FABRY & F.J. MILLERO (2004): Impact of anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ system in the oceans. *Science*, 305: 362–366.
- LONGHURST A.R. (2007): *Ecological geography of the sea*. @nd Edition. Academic Press, San Diego, 542 pp.
- MUNDAY P.L., CRAWLEY N.E. & NILSSON G.E. (2009): Interacting effects of elevated temperature and ocean acidification on the aerobic performance of coral reef fishes. *Marine Ecology Progress Series* 388:235–242.
- ORR J.C., V.J. FABRY, O. AUMONT, L. BOPP, S.C. DONEY, R.A. FEELY, A. GNANADESIKAN, N. GRUBER, A. ISHIDA, F. JOOS, R.M. KEY, K. LINDSAY, E. MAIER-REIMER, R. MATEAR, P. MONFRAY, A. MOUCHET, R.G. NAJJAR, G.K. PLATTNER, K.B. RODGERS, C.L. SABINE, J.L. SARMIENTO, R. SCHLITZER, R.D. SLATER, I.J. TOTTERDELL, M.F. WEIRIG, Y. YAMANAKA & A. YOOL (2005): Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437: 681–686.
- PAULY D. (2010): *Gasping Fish and Panting Squids: Oxygen, Temperature and the Growth of Water-Breathing Animals*. Excellence in Ecology (22), International Ecology Institute, Oldendorf/Luhe, Germany, xxviii + 216 pp.
- PAULY D. (2007): The Sea Around Us Project: Documenting and Communicating Global Fisheries Impacts on Marine Ecosystems. *AMBIO: a Journal of the Human Environment* 34(4): 290–295.
- PAULY D. (1981): The relationships between gill surface area and growth performance in fish: a generalization of von Bertalanffy's theory of growth. *Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung* 28(4): 251–282.
- PERRY A.L., LOW, P.J., ELLIS, J.R., REYNOLDS, J.D. (2005): Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science* 308: 1912–1915.
- PETER R.H. (1991): *A Critique for Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. xiv + 366 pp.
- PÖRTNER H.O. (2008): Ecosystem effects of ocean acidification in times of ocean warming: a physiologist's view. *Marine Ecology Progress Series*, 37: 203–217.
- PÖRTNER H.O., M. LANGENBUCH & A. REIPISCHLÄGER (2004): Biological impact of elevated ocean CO₂ concentration: lessons from animal physiology and Earth history. *Journal of Oceanography*, 60: 705–718.
- WATSON R., A. KITCHINGMAN, A. GELCHU & D. PAULY (2004): Mapping global fisheries: sharpening our focus. *Fish and Fisheries* 5: 168–177.
- WILSON R.W., F.J. MILLERO, J.R. TAYLOR, P.J. WALSH, V. CHRISTENSEN, S. JENNINGS & M. GROSELL (2009): *Contribution of Fish to the Marine Inorganic Carbon Cycle*. *Science*, 323:359–362.
- ZELLER D. & D. PAULY (Editors) (2007): *Reconstruction of Marine Fisheries Catches for Key Countries and Regions (1950–2005)*. Fisheries Centre Research Reports, 15(2). 163 pp.

Prof. Dr. Daniel Pauly
Fisheries Centre
Vancouver, B.C. - Kanada
d.pauly@fisheries.ubc.ca

Dr. William Cheung
Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science
University of East Anglia
william.cheung@uea.ac.uk