

4.12 Die Meeresfischerei der Zukunft

HEIKE K. LOTZE, RAINER FROESE & DANIEL PAULY

Die Meeresfischerei der Zukunft: Der Klimawandel wird alle Aspekte des Lebens im Meer beeinflussen, von grundlegenden biologischen Prozessen, wie dem Überleben und Wachstum einzelner Lebewesen, bis zur Verbreitung und Häufigkeit von Arten und der Organisation mariner Nahrungsnetze. Diese Veränderungen beeinflussen die Struktur und Funktion des Ökosystems Meer und damit auch die Fischbestände und Fischereien. Viele Fischer müssen sich anpassen, wo und was sie fischen und wie reichhaltig, groß und wertvoll die gefischten Arten und der Gesamtfang sind. Viele Arten werden ihre Verbreitung polwärts verschieben, in größere Tiefen oder weiter in den offenen Ozean. Einige polare und tropische Arten werden möglicherweise aussterben. All dies wird zu einer Umstrukturierung der Lebensgemeinschaften führen mit schwer vorhersagbaren Folgen. Basierend auf verfügbaren Klimaprojektionen wird erwartet, dass die globale Fischproduktion und Fangmenge zurückgehen wird, allerdings mit großen regionalen Unterschieden, wie der Zunahme in hohen und Abnahme in niedrigen Breiten. Ein Großteil künftiger Veränderungen wird allerdings von der Entwicklung der Fischerei selbst und anderer menschlicher Einflüsse abhängen. Eine Reduzierung des Fischereidrucks sowie nachhaltiges Fischerei- und Ozeanmanagement werden nötig sein, um Fisch und Fischerei in Zukunft zu erhalten. Dabei kann der Schutz der biologischen Vielfalt im Meer als Versicherung in Zeiten des Wandels dienen.

The future of marine fisheries: Climate change is expected to change all aspects of life in the ocean, from basic biological processes, such as the survival and growth of individual organisms, to the distribution and abundance of species and the organization of marine food webs. These changes will affect the structure and function of marine ecosystems and with that also fish and fisheries. Many fishers need to adapt to where and what they fish and how abundant, large and valuable their target species and overall catch are. Many species will move their distribution poleward, toward deeper or more offshore waters. Some polar and tropical species may become extinct. All this will lead to a restructuring of marine communities, with largely unpredictable consequences. Based on available climate projections, global fish production and catches are expected to decline, although with considerable regional variation, including increases in high and decreases in low latitudes. A large degree of future change, however, will depend on the development of fisheries themselves and other human impacts. A reduction in fishing pressure as well as sustainable fisheries management and ocean governance will be necessary to maintain the future of fish and fisheries. The protection of marine biodiversity can thereby act as insurance in the face of climate and other global change.

Das Meer beherbergt mehrere tausend kommerziell wichtige Arten, liefert 17% des tierischen Eiweißbedarfs weltweit, und bietet eine Einkommensquelle für Millionen von Menschen (FAO 2016). Doch der Klimawandel verändert die physikalischen, chemischen und biologischen Grundeigenschaften des Ozeans (WORM & LOTZE 2016), die die Basis für die Fischerei und andere, für den Menschen wichtige Ökosystemleistungen darstellen. Veränderungen in einzelnen Arten, von kleinstem Plankton hin zu großen Walen, beeinflussen ganze Nahrungsnetze und die Struktur und Funktion des Ökosystems Meer. Nur wenn wir die Folgen des Klimawandels auf das Leben im Meer verstehen, können wir auch Prognosen für die Zukunft der Fischerei erstellen.

Der Klimawandel an sich ist nichts Neues im Ozean. Im Laufe der Erdgeschichte haben massive Klimaveränderungen die Artenvielfalt über Millionen von Jahren beeinflusst und mehrere Massenaussterben verursacht (HARNIK et al. 2012). In den meisten Fällen waren eine starke Erwärmung oder Abkühlung sowie Veränderungen in der Zirkulation, Chemie oder Produktivität des Ozeans beteiligt. Heute erleben wir eine erneute Phase raschen Klimawandels, doch gibt es noch andere menschliche Einflüsse aufs Meer. Weltweit übt die Fischerei einen erheblichen Druck aus (WORM & BRANCH 2012, PAULY &

ZELLER 2016) und die Zerstörung von Lebensraum, Wasserverschmutzung und exotische Arten haben vor allem in Küstenmeeren stark zugenommen (LOTZE et al. 2006). Dazu kommt die Zunahme der Aquakultur, Energie-, Mineral- und Erzwinnung im offenen Ozean und der Tiefsee (HALPERN et al. 2015). Diese kumulativen Stressfaktoren haben die Artenvielfalt und Fischerei bereits an vielen Orten beeinträchtigt, und damit möglicherweise auch deren Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel. Andererseits haben effektives Fischereimanagement und Meeresschutz in einigen Regionen große Fortschritte gemacht. Der heutige Klimawandel findet also zusammen mit einer Vielzahl anderer menschlicher Einflüsse statt, mit potentiell komplexen Wechselwirkungen (HARLEY et al. 2006; HARNIK et al. 2012), ein wichtiger Unterschied zu früheren Phasen des Klimawandels.

Klimawandel im Ozean

Veränderungen im Klima wirken sich grundlegend auf das Überleben, Wachstum, die Verbreitung und Häufigkeit des Lebens im Meer aus (WORM & LOTZE 2016). Die wichtigsten physikalischen Veränderungen sind die Erhöhung der Wassertemperatur sowie Verschiebungen in der Zirkulation und Schichtung des Wasserkörpers, der Meeresspiegelanstieg und das Abschmelzen von

Meereis. Stärkere Klimaschwankungen können zudem zu extremen Stürmen, Fluten oder Hitzewellen führen. Die wichtigsten chemischen Veränderungen sind die Ozeanversauerung, aufgrund des höheren Kohlendioxidgehaltes, und die Abnahme der Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser, aufgrund von Erwärmung und veränderter Zirkulation. Diese abiotischen Veränderungen wirken sich auf alle Ebenen der Biologie aus, von der Physiologie einzelner Organismen zum Wachstum von Populationen, der Ökologie von Lebensgemeinschaften und der Struktur und Funktion des Ökosystems Meer (Abb. 4.12-1). All diese Ebenen sind jedoch wichtig für den Erhalt der Fischerei und anderer Ökosystemleistungen.

Veränderungen in den abiotischen und biotischen Prozessen können sich direkt oder indirekt und auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen auswirken (WORM & LOTZE 2016). Wenn die lokale Temperatur die Toleranzgrenze eines Lebewesens überschreitet, kann es innerhalb von Stunden oder Tagen sterben oder abwandern. Kommen solche Bedingungen in einer Region häufiger vor, kann die Population oder Art als Ganzes über Jahre oder Jahrzehnte ihre Verbreitungsgrenzen verschieben. Auch wenn eine Art nicht direkt betroffen ist, können Veränderungen in Lebensraum, Nahrung oder Räubern indirekt Wachstum

oder Überleben beeinflussen. All dies kann die Verbreitung und Häufigkeit auch von kommerziell wichtigen Arten verändern.

Verschiebungen in den Verbreitungsgrenzen werden bereits für viele Arten beobachtet oder vorhergesagt, darunter Phytoplankton, Algen, Wirbellose, Fische und Wale (WORM & LOTZE 2016). In vielen gemäßigten Breiten führt die Erwärmung zu einer Zunahme warm- und Abnahme kaltliebender Arten, einige Arten ziehen aber auch in grössere Tiefen oder weiter in den offenen Ozean (Abb. 4.12-2; PINKSY et al. 2013). In Polargebieten führt die Erwärmung zu einer Invasion kaltliebender Arten, während vom Meereis abhängige Arten zurückgehen oder aussterben. In tropischen Gebieten führt die Erwärmung zum Verlust von Arten, deren Temperaturtoleranz überschritten wird. Global gesehen wird sich somit die Verbreitung vieler Arten polwärts verschieben (CHEUNG et al. 2009).

Nicht alle Arten verändern ihre Verbreitung im gleichen Tempo. Somit wird es zu einer Umstrukturierung von lokalen und regionalen Lebensgemeinschaften kommen (Abb. 4.12-2), die das Zusammenspiel von Arten, zum Beispiel Räuber-Beute Beziehungen, verändert (WORM & LOTZE 2016). Was genau passieren wird, ist dabei schwer vorherzusagen, aber generell wird sich die Struktur von Nahrungsnetzen verschie-

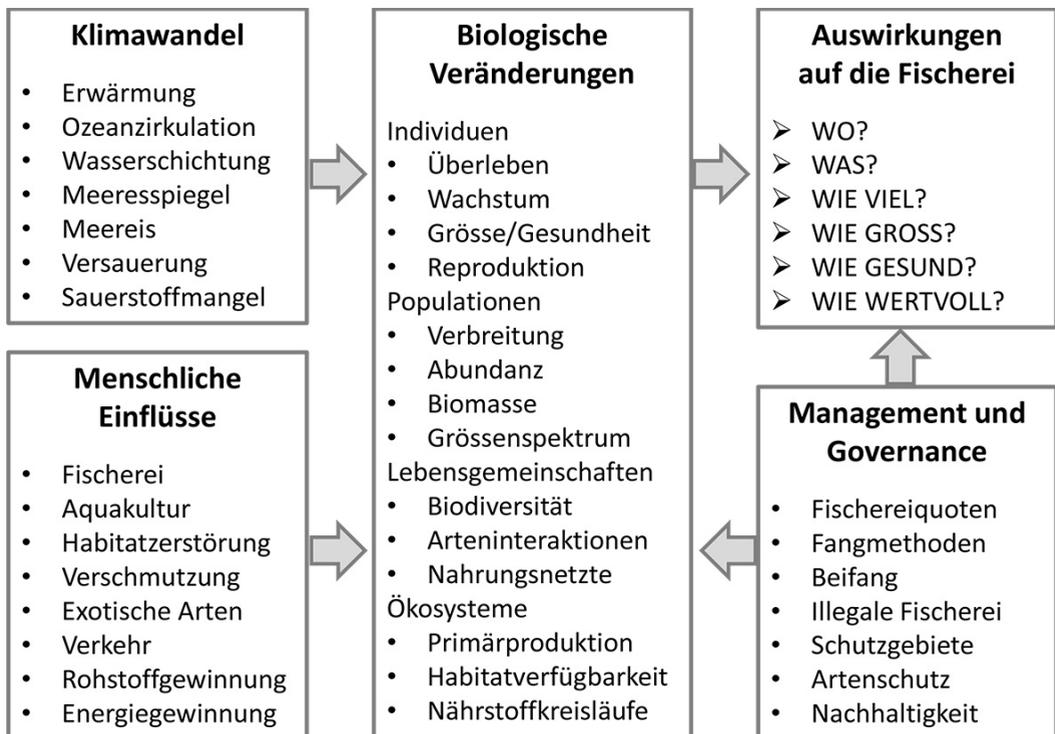


Abb. 4.12-1: Überblick über den Einfluss des Klimawandels und anderer Faktoren auf die Biologie und Fischerei.

ben, mit neuen Gewinnern und Verlierern. Die Erwärmung und reduzierter Sauerstoffgehalt kann auch die Körpergröße von Fischen verringern, sowohl individuell aufgrund von Veränderungen in der Physiologie als auch innerhalb einer Region aufgrund der Umverteilung der Arten (Abb. 4.12-2; SHERIDAN & BICKFORD 2011, CHEUNG et al. 2013).

Auf der Ökosystemebene beeinflusst der Klimawandel die Primärproduktion und damit die verfügbare Biomasse und Energie für höhere trophische Ebenen. Das verändert die Sekundärproduktion und den potenziellen Fischfang. Auf globaler Ebene prognostizieren die meisten Klimamodelle einen langfristigen Rückgang der Primärproduktion bis zum Jahr 2100, von einem durchschnittlichen Rückgang um 2% bei einem niedrigem bis zu 8% bei einem hohen Emissionsszenarium (BOPP et al. 2013). Dabei gibt es jedoch erhebliche regionale Unterschiede, mit einer generellen Zunahme in polaren und einer Abnahme in tropischen Gebieten. Allerdings lösen viele globale Klimamodelle die Veränderungen in den Küstenregionen nicht gut auf, wodurch erhebliche Unterschiede und Unsicherheiten bei den Vorhersagen entstehen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt des Klimawandels ist die Veränderung oder der Verlust von Lebensraum. Viele Meerestiere benötigen Seegraswiesen, Tangwälder, Mangroven und Korallenriffe als Laich- und Aufzuchtgebiete, zur Nahrungssuche und als Schutz vor Räubern. Jedoch werden diese Habitate durch Erwärmung, Meeresspiegelanstieg, Ozeanversauerung und intensive Stürme bedroht, mit Folgen für die dazugehörige Fauna und Flora (WORM & LOTZE 2016). Viele dieser Habitate tragen ausserdem zum Küstenschutz, Nährstoffkreislauf, zur Kohlenstoffspeicherung, Sauerstoff- und Primärproduktion bei, und spielen damit eine wichtige Rolle im Ökosystem Meer.

Bisher konzentrieren sich die meisten Studien auf die Erwärmung des Ozeans, aber auch andere Klimafaktoren beeinflussen das Leben im Meer. Für viele Tiere des offenen Ozeans sind Strömungen und Fronten, an denen sich Nahrung ansammelt, von großer Bedeutung, wie auch eine ausreichende Sauerstoffversorgung im Tiefenwasser. Veränderungen in der Stärke oder im Verlauf von Strömungen beeinflussen die Wanderung von Tieren und die Produktivität (WORM & LOTZE 2016). Viele dieser Klimaveränderungen treten nicht

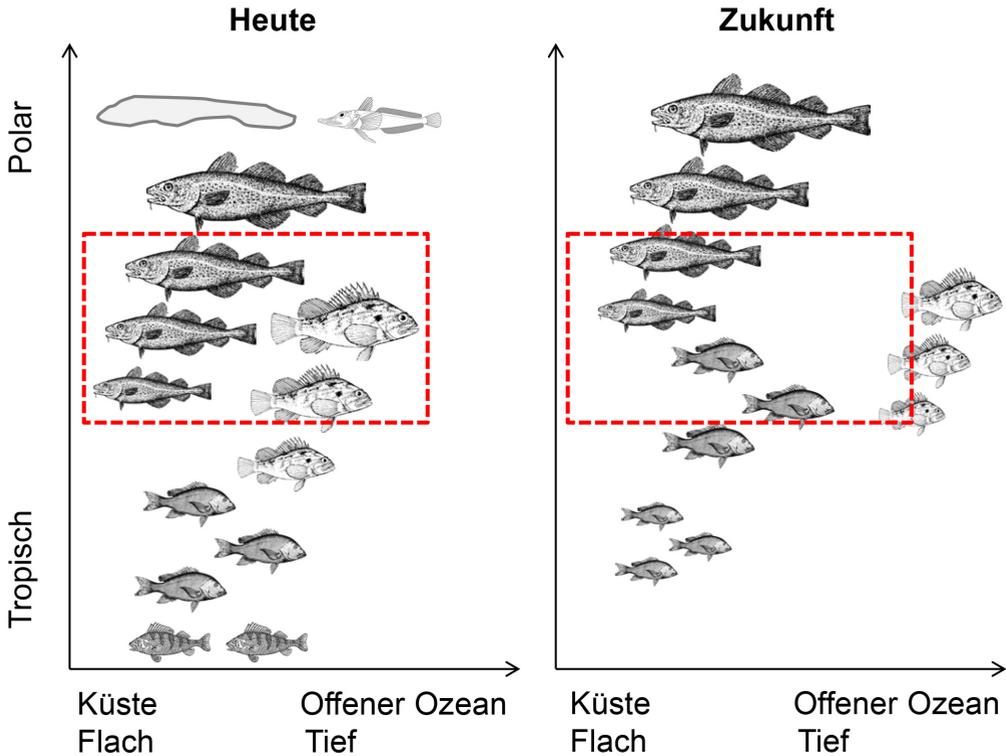


Abb. 4.12-2: Schematische Zusammenfassung der zu erwartenden Veränderungen in der Fischfauna unter dem Einfluss des Klimawandels: einige tropische und eisabhängige Arten werden möglicherweise austerben, kälteliebende Arten werden polwärts, in größere Meerestiefen oder Richtung offener Ozean wandern, warmliebende Arten werden ihre Verbreitung ausdehnen, und einige Arten werden ihre Körpergröße reduzieren. In einem bestimmten Meeresgebiet (roter Kasten) kann sich die Arten- und Größenzusammensetzung also komplett verändern (nach CHEUNG et al. 2013).

isoliert auf, sondern wirken gleichzeitig und zusammen mit anderen menschlichen Einflüssen auf Lebewesen und Ökosysteme ein. Durch das Zusammenwirken von Faktoren können indirekte Effekte entstehen, die oft überraschend und schwer vorhersagbar sind. Zum Beispiel kann die Klimaerwärmung die Häufigkeit von Infektionskrankheiten im Meer erhöhen, mit zum Teil dramatischen Folgen für einzelne Arten (HARVELL et al. 2002).

Viele Lebewesen sind dem Klimawandel aber nicht hilflos ausgeliefert und können sich kurz- oder langfristig anpassen (WORM & LOTZE 2016). Die Frage ist wie schnell. Vor allem größere, langsam wachsende Arten mit langer Lebensdauer werden sehr viel länger brauchen, um sich an neue Bedingungen anzupassen als schnell wachsende Arten mit kurzen Generationszeiten (PERRY et al. 2005). Dies ist wichtig für die Fischerei, denn viele langsam-wachsende Arten sind bereits durch Überfischung gefährdet und können den Klimawandel möglicherweise schlechter kompensieren.

Auswirkungen auf die Fischerei

Schon immer haben Klimaschwankungen sowohl Fisch als auch Fischerei beeinflusst. In den vergangenen Jahrzehnten war jedoch die Fischerei selbst einer der wichtigsten Faktoren für Veränderungen in den Bestandsgrößen und Fangmengen (WORM et al. 2009). Die wachsende Bevölkerung und Nachfrage sowie effizientere Fischereimethoden haben zu einem starken Anstieg der globa-

len Fangmenge von 1950-1990 geführt. Seitdem hat sich der Fang stabilisiert oder ist leicht rückläufig, während der Fischereiaufwand weiter ansteigt (Abb 4.12-3a; WORM & BRANCH 2012, PAULY & ZELLER 2016). Dabei ist der rekonstruierte Gesamtfang, der auch Beifang, nicht gemeldete und illegale Fänge beinhaltet, weit höher als offiziell gemeldete Anlandungen. Der hohe Fischereidruck hat vor allem seit den 1970er Jahren zu einem starken Rückgang der Fischbiomasse geführt, und heute gelten etwa ein bis zwei Drittel der Bestände als überfischt (Abb 4.12-3b; WORM et al. 2009, FROESE et al. 2012, CHRISTENSEN et al. 2014, FAO 2016). Allerdings haben in einigen Regionen bessere Bestandsabschätzungen, effektives Fischereimanagement und Schutzmaßnahmen zum Wiederaufbau von überfischten Beständen beigetragen (WORM et al. 2009).

Der Klimawandel wird die Verbreitung, Häufigkeit und Körpergröße kommerziell wichtiger Arten verändern, mit Auswirkungen auf ihre räumliche und zeitliche Verfügbarkeit, Fangmenge und ihren Wert. Die Fischerei wird sich also an Veränderungen anpassen müssen, die bestimmen, wo, wann, wie viel und welche Arten gefischt werden können und wie groß und wertvoll diese Arten sind (Abb 4.12-2). Immer mehr Studien versuchen, künftige Veränderungen in der Fischbiomasse und dem potenziellen Fang vorherzusagen. Dabei hängen die Ergebnisse stark von der Wahl der Klima- und Ökosystemmodelle ab sowie deren räumlicher und zeitlicher Auflösung und den berücksichtigten Emissions- und Fischereiszenarien. Generell ist jedes Modell nur

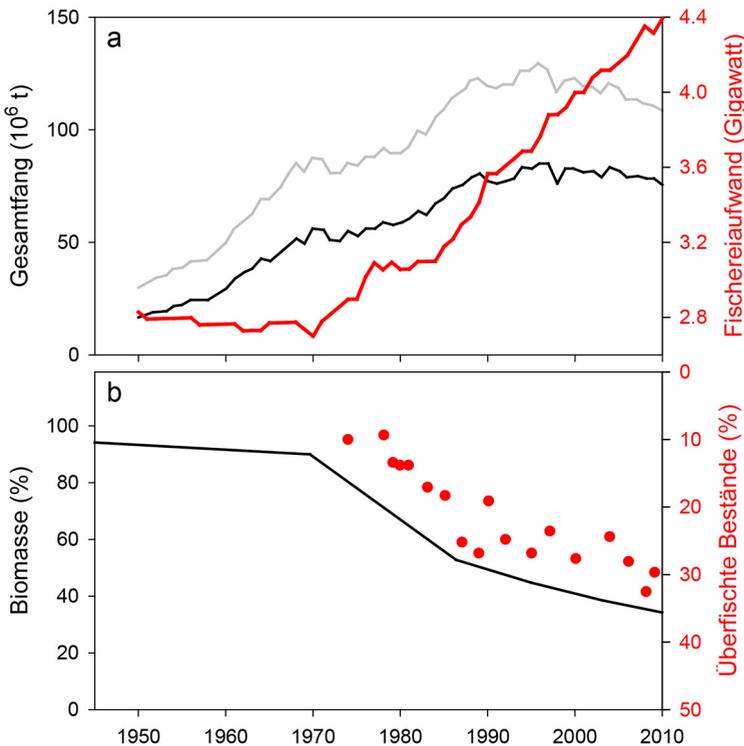


Abb. 4.12-3: Entwicklung in der Meeresfischerei von 1950-2010: a) offiziell gemeldete (schwarze Linie) und rekonstruierte (graue Linie) Gesamtfangmengen (nach PAULY & ZELLER 2016) und Fischereiaufwand (rote Linie, gemessen als Gesamtmaschinenleistung; nach WORM & BRANCH 2012); b) globale Biomasse der Raubfische (schwarze Linie; nach CHRISTENSEN et al. 2014), und Anteil der überfischten Bestände (rote Punkte, nach FAO 2016).

eine Annäherung an die Realität, doch je mehr Studien es gibt, desto besser wird unsere Vorstellung von möglichen Entwicklungen werden. Schon die verfügbaren Klimamodelle variieren erheblich in ihren Vorhersagen der Erwärmung und Primärproduktion (BOPP et al. 2013), was sich wiederum auf die Prognosen der Fischproduktion auswirkt. Im Folgenden beschreiben wir ein paar Studien, die sich speziell mit der Zukunft von Fischproduktion und potentiellm Fang befassen haben.

Eine Studie hat die globale Verschiebung der Verbreitungsgrenzen einzelner Arten und der damit einhergehenden Umverteilung der potenziellen Fangmengen untersucht (Abb 4.12-4; CHEUNG et al. 2010). Unter starkem Klimawandel wird mit einer Zunahme des Fangpotentials von 30-70% in hohen Breiten und einem Rückgang von bis zu 40% in den Tropen gerechnet. Starke Rückgänge werden auch in den Küstenmeeren erwartet, wo traditionell die Fänge am größten waren. Dagegen werden die Fänge im offenen Ozean zunehmen, wenn mehr Arten tiefer und weiter hinaus wandern. Die maximale Größe der befischten Arten wird bis 2050 weltweit um 14-24% sinken, mit einem stärkeren Rückgang in den Tropen als den Polargebieten (CHEUNG et al. 2013).

Eine andere Studie hat sich mit Hilfe eines Ökosystemmodells, das die Größenstruktur der Fischgemeinschaft und nicht einzelne Arten repräsentiert, auf die zukünftige Fischproduktion in Küsten- und Schelfregionen konzentriert (BLANCHARD et al. 2012). Die Ergebnisse zeigen einen Rückgang von 30-60% in der potentiellen Fischproduktion bis 2050 in wichtigen tropischen Schelf- und Auftriebsgebieten und eine Zunahme von 28-89% in hohen Breiten. Eine weitere Studie hat ein Ökosystemmodell benutzt, das auch die Interaktionen zwischen Arten berücksichtigt. Auch diese

Ergebnisse sagen eine Zunahme der Fischproduktion in hohen und eine Abnahme in niedrigen und mittleren Breiten voraus, jedoch mit erheblichen regionalen Unterschieden (BARANGE et al. 2014). Abgesehen von einigen Ausnahmen ergab hier die durchschnittliche Zu- oder Abnahme der Fischproduktion bis 2050 weniger als 10%. Im Großen und Ganzen sind die Ergebnisse dieser Studien vergleichbar, wenngleich unterschiedliche Ansätze benutzt wurden. In allen Fällen hängt die Vorhersage der Fischproduktion und des Fangpotentials stark von der zukünftigen Primärproduktion ab, die wiederum von der Wahl des Klimamodells abhängt (BOPP et al. 2013). Unsere Zukunftsprognosen sind also nur so gut wie die Qualität der Klima- und Ökosystemmodelle.

Management und Governance

Die Zukunft von Fisch und Fischerei wird sowohl von der Entwicklung der Fischerei selbst als auch vom Klima und anderen menschlichen Einflüssen abhängen. Dabei werden das Management von Fischerei und anderen Aktivitäten, Meeresschutzmassnahmen, Politik und Governance wichtige Rollen spielen. Wenn wir dem »Business-as-usual« Ansatz folgen und weiterhin den Fischereiaufwand und die Effizienz und Destruktivität der Fischereimethoden erhöhen, dann werden Biomasse und Fänge weiter zurückgehen. Wenn wir allerdings eine nachhaltigere Nutzung der Meeresressourcen, den Wiederaufbau dezimierter Bestände und den Erhalt der biologischen Vielfalt fördern, können wir den Rückgang stoppen oder sogar umdrehen (WORM et al. 2009). Doch auch in der Qualität und Effektivität von Management, Governance und Meeresschutz gibt es erhebliche regionale Unterschiede (WORM & BRANCH 2012).

Mehrere Studien haben die Wechselwirkungen

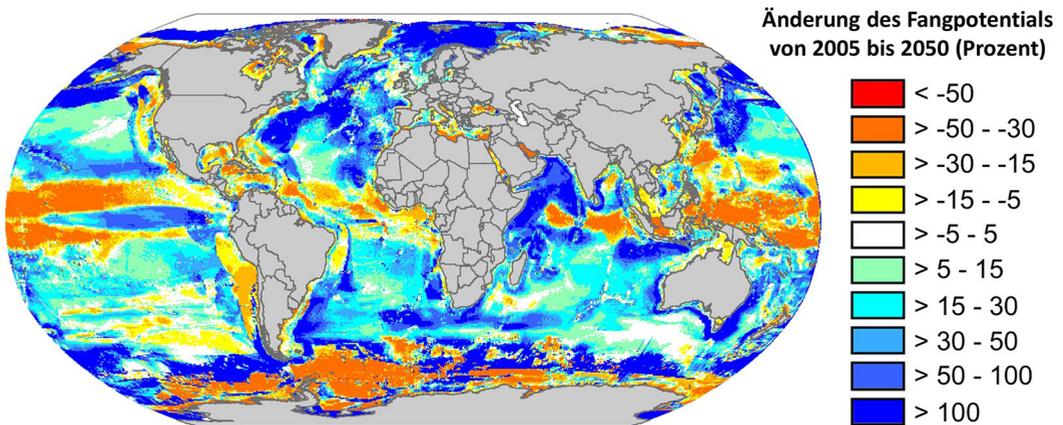


Abb. 4.12-4. Projizierte Änderung des maximalen Fangpotentials von 2005 bis 2050 (10-Jahres-Durchschnitt) unter dem Klimawandelszenario SRES A1B (nach Cheung et al. 2010).

zwischen verschiedenen Klimawandel- und Management-Szenarien untersucht. Im Nordatlantik, zum Beispiel, wurden vier kontrastierende ökonomische Fischereiszenarien bis 2040 entwickelt, um alternative regionale Management- und Governance-Strukturen abzubilden und miteinander zu vergleichen (MULLON et al. 2016). Insgesamt war das Niveau der Fischerei-Regulierung der wichtigste Faktor für die langfristige Entwicklung der Fischerei, und die Auswirkungen von Politik- und Handelsentscheidungen waren wichtiger als die des Klimawandels. Allerdings wird die polwärtsige Verschiebung vieler Arten sowie das Zusammenspiel zwischen Fischerei und Aquakultur Auswirkungen auf die Zukunft der Fischerei haben. Eine Studie in der Ostsee hat die Wechselwirkungen von Fischerei, Eutrophierung und Erwärmung untersucht. Die Ergebnisse ergaben, dass die regionale Regulierung der Fischerei und Nährstoffbelastung eine weit wichtigere Rolle für die Zukunft des Ökosystems Ostsee spielen als die erwartete rapide Klimaerwärmung (NIIRANEN et al. 2013).

Eine wichtiger Aspekt in den sozialen und ökologischen Reaktionen auf den Klimawandel sind Zeitverzögerungen. Zum Beispiel findet die polwärtsige Verschiebung der Artengrenzen schneller statt als die ihrer jeweiligen Fischerei (PINKSY & FOGARTY 2012). Dies kann Fischbeständen an ihrer nördlichen Verbreitungsgrenze ermöglichen, sich aufgrund des niedrigen Fischereidrucks zu erholen, während schon rückläufige Bestände an ihrer südlichen Verbreitungsgrenze zu stark befischt werden. Hier müsste das Fischereimanagement den Fischereidruck für Arten, die polwärts oder weiter in den offenen Ozean wandern, anpassen. Ein weiterer Aspekt ist, dass Arten auf unteren Trophieebenen und stark befischte Bestände stärker vom Klimawandel betroffen sind, weil sie zu einem hohen Grad von neuer Reproduktion und Rekrutierung abhängen, die wiederum direkt von Temperatur und Primärproduktion beeinflusst werden (BRITTEN et al. 2016). In den meisten Fischereien ist der Fischereidruck zu hoch, und die Fische werden gefangen, bevor sie ausreichend wachsen und sich fortpflanzen konnten. Dadurch wird die Alters- und Größenstruktur der Bestände gestutzt (FROESE et al. 2016) und die Fischerei hängt dann zunehmend von neuer Rekrutierung ab, was sowohl die Anfälligkeit der Bestände, also auch die der Fischerei, auf den Klimawandel erhöht (BRANDER 2007). Eine Reduzierung des Fischereidrucks und eine Optimierung der Fanggröße (FROESE et al. 2016) kann beim Wiederaufbau der Bestände helfen und die Auswirkungen des Klimawandels mildern.

Derzeit gibt es mehrere globale Initiativen, die die Zukunft der Fischerei- und Ozeanmanagements

auf regionaler und globaler Ebene beeinflussen. Hierzu gehören die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung, die Ziele nachhaltiger Entwicklung (*Sustainable Development Goals*, SDGs), und das Übereinkommen von Paris zur Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (FAO 2016). Die »Blue Growth« Initiative der Welternährungs- und Landwirtschaftsorganisation (FAO) hilft Ländern, die neue Agenda umzusetzen und fördert den Verhaltenskodex für verantwortungsvolle Fischerei sowie den Ökosystem-Ansatz in der Fischerei und Aquakultur. Dies soll vor allem besonders gefährdeten Küstenregionen helfen, die bereits stark durch Verschmutzung, Habitatzerstörung, Überfischung und andere Aktivitäten beeinträchtigt sind (FAO 2016). Die Zukunft von Fisch und Fischerei wird stark von der Umsetzung dieser Initiativen abhängen.

Biodiversität als Schutz

Die biologische Vielfalt der Meere wird nicht nur durch den Klimawandel verändert, sondern kann ihm gegenüber auch Schutz und Resilienz bieten. Mehr und mehr Studien zeigen, dass eine höhere genetische, Arten- und Lebensraumdiversität auch die Vielfalt der möglichen biologischen Antworten und Anpassungsfähigkeiten erhöht (WORM & LOTZE 2016). Zum Beispiel können eine höhere Gen- und Artenvielfalt eine schnellere Erholung geschädigter Lebensräume und dezimierter Fischbestände fördern, und eine größere Arten- und Bestandsvielfalt kann zu einer höheren Produktivität und Stabilität von Ökosystemen und Fischerei führen (HILBORN et al. 2003, WORM et al. 2006). Dies ist vergleichbar mit dem Portfolio-Effekt in der Finanzbranche und eine wichtige Absicherung gegenüber klimabedingten Schwankungen in befischten Bestände und Ökosystemen. Somit wird heute der Erhaltung der biologischen Vielfalt eine entscheidende Bedeutung bei der Stabilisierung von Ökosystemen zugesprochen, also auch bei der Fähigkeit, sich an verändernde Umweltbedingungen anzupassen (WORM & LOTZE 2016).

All dies hat Auswirkungen auf den Meeresschutz. Tropische Regionen werden im Zuge des Klimawandels voraussichtlich den größten Artenverlust erleiden und sind außerdem von zunehmenden menschlichen Einflüssen betroffen (CHEUNG et al. 2009, HALPERN et al. 2015). Gleichzeitig fehlt es hier oft an Ressourcen und Kapazität für effektives Management, Anpassungs- und Schutzmassnahmen (MCCLANAHAN et al. 2008, WORM & BRANCH 2012). Diese Kombination aus zunehmender Bedrohung, geringer Managementkapazität, aber starker Abhängigkeit von Fisch anderen Meeresfrüchten, erfordert einen starken Fokus des marinen Umweltschutzes in den Tropen. Aber auch polare Ökosysteme sind von rapidem Klimawandel bedroht,

dem möglichen Aussterben von Polarspezialisten und eisabhängigen Arten und der starken Zunahme menschlicher Aktivitäten (MICHEL et al. 2012). Auch hier sind daher starke Schutzmaßnahmen gefragt, um die Integrität und Funktion der Polarökosysteme zu erhalten.

Literatur

- BARANGE, M., G. MERINO, J. L. BLANCHARD, J. SCHOLTENS et al. (2014): Impacts of climate change on marine ecosystem production in societies dependent on fisheries. *Nat. Clim. Change*, 4, 211-216.
- BLANCHARD, J. L., S. JENNINGS, R. HOLMES, J. HARLE et al. (2012): Potential consequences of climate change for primary production and fish production in large marine ecosystems. *Phil. Trans. B*, 367, 2979-2989.
- BOPP, L., L. RESPLANDY, J. C. ORR, S. C., DONEY et al. (2013): Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: projections with CMIP5 models. *Biogeosciences* 10, 6225-6245.
- BRANDER, K. M. (2007): Global fish production and climate change. *PNAS* 104, 19709-19714.
- BRITTEN, G. L., M. DOWD & B. WORM (2016): Changing recruitment capacity in global fish stocks. *PNAS* 113, 134-139.
- CHEUNG, W. W. L., V. W. Y. LAM, J. L. SARMIENTO, K. KEARNEY et al. (2009): Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish Fish.* 10, 235-251.
- CHEUNG, W. W. L., V. W. Y. LAM, J. L. SARMIENTO, K. KEARNEY et al. (2010): Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. *Glob. Change Biol.*, 16, 24-35.
- CHEUNG, W. W. L., J. L. SARMIENTO, J. DUNNE, T. L. FROEHLICHER et al. (2013): Shrinking of fishes exacerbates impacts of global ocean changes on marine ecosystems. *Nat. Clim. Change*, 3: 254-258.
- CHRISTENSEN, V., M. COLL, C. PIRODDI, J. STEENBEEK et al. (2014): A century of fish biomass decline in the ocean. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 512, 155-166.
- FAO (2016): The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Food and Agriculture Organization, Rome.
- FROESE, R., H. WINKER, D. GASCUEL, U. R. SUMAILA et al. (2016): Minimizing the impact of fishing. *Fish Fish.* 17(3), 785-802.
- FROESE, R., D. ZELLER, K. KLEISNER. & D. PAULY (2012): What catch data can tell us about the status of global fisheries. *Mar. Biol.* 159, 1283-1292.
- HALPERN, B. S., M. FRAZIER, J. PPTAPENKO, K. S. CASEY et al. (2015): Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nat. Comm.* 6, 7615.
- HARLEY, C. D. G., A. R. HUGHES, K. M. HULTGREN, B. G. MINER et al. (2006): The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecol. Lett.* 9, 228-241.
- HARNIK, P. G., H. K. LOTZE, S. C. ANDERSON, Z. V. FINKELE et al. (2012): Extinctions in ancient and modern seas. *Trends Ecol. Evol.* 27, 608-617.
- HARVELL, C. D., C. E. MITCHELL, J. R. WARD, S. ALTIZER et al. (2002): Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science* 296, 2158-2162.
- HILBORN, R., T. P. QUINN, D. E. SCHINDLER & D. E. ROGERS (2003): Biocomplexity and fisheries sustainability. *PNAS* 100, 6564-6568.
- LOTZE, H. K., H. S. LENIHAN, B. J. BOURQUE, R. H. BRADBURY et al. (2006): Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science* 312, 1806-1809.
- MCCLANAHAN, T. R., J. E. CINNER, J. MAINA, N. A. GRAHAM et al. (2008): Conservation action in a changing climate. *Conserv. Lett.* 1, 53-59.
- MICHEL, C., B. BLUHM, V. GALLUCCI, A. J. GASTON et al. (2012): Biodiversity of Arctic marine ecosystems and responses to climate change. *Biodiversity* 13, 200-214.
- MULLON, C., F. STEINMETZ, G. MERINO, J. A. FERNANDES et al. (2016): Quantitative pathways for Northeast Atlantic fisheries based on climate, ecological-economic and governance modelling scenarios. *Ecol. Model.* 320, 273-291.
- NIIRANEN, S., J. YLETYINEN, M. T. TOMCZAK, T. BLENCNER et al. (2013): Combined effects of global climate change and regional ecosystem drivers on an exploited marine food web. *Glob. Change Biol.* 19, 3327-3342.
- PAULY, D. & D. ZELLER (2016): Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature Communications* 7, 10244.
- PERRY, A. L., P. J. LOW, J. R. ELLIS & J. D. REYNOLDS (2005): Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science* 308, 1912-1915.
- PINSKY, M. L. & M. J. FOGARTY (2012): Lagged social-ecological responses to climate and range shifts in fisheries. *Clim. Change* 115, 883-891.
- PINSKY, M. L., B. WORM, M. J. FOGARTY, J. L. SARMIENTO et al. (2013): Marine taxa track local climate velocities. *Science* 341:1239-1242.
- SHERIDAN, J. A. & D. BICKFORD (2011): Shrinking body size as an ecological response to climate change. *Nat. Clim. Change* 1, 401-406.
- WORM, B., E. B. BARBIER, N. BEAUMONT, J. E. DUFFY et al. (2006): Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314, 787-790.
- WORM, B., R. HILBORN, J. K. BAUM, T. A. BRANCH et al. (2009): Rebuilding global fisheries. *Science* 325, 578-585.
- WORM, B. & T. BRANCH (2012): The future of fish. *Trends Ecol. Evol.* 27, 594-599.
- WORM, B. & H. K. LOTZE (2016): Marine biodiversity and climate change. In Letcher, T. (ed) *Climate and global change: observed impacts on Planet Earth*, Elsevier: 195-212.

Kontakt:

Dr. Heike K. Lotze

Department of Biology, Dalhousie University, Halifax (Kanada)
hlotze@dal.ca

Dr. Rainer Froese

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
rfroese@geomar.de

Prof. Dr. Daniel Pauly

Institute for the Oceans and Fisheries, University of British Columbia, Vancouver, (Kanada)
d.pauly@oceans.ubc.ca

Lotze, H. K., R. Froese & D. Pauly (2016): Die Meeresfischerei der Zukunft. In: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, R. Müller & E. Rachor (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Die Biodiversität*. pp. 284-290. Online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de. doi:10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.46.