



REPORT

D

2016

DAS PROJEKT WIRD
KOFINANZIERT
DURCH DIE
EUROPÄISCHE UNION



ÜBERFISCHT UND UNTERVERSORGT

Wie viel Fisch wir in Zukunft fangen und wer ihn essen wird.
Eine weltweite Prognose

Diese Publikation wird von der EU kofinanziert.
Für ihren Inhalt ist ausschließlich der WWF verantwortlich.
Sie muss nicht den Ansichten der EU entsprechen.

Herausgeber: WWF Deutschland; Internationales WWF-Zentrum für Meeresschutz, Hamburg
Stand: Oktober 2016
Autoren: Prof. Dr. Martin Quaas, Dr. Julia Hoffmann, Katrin Kamin
(alle: Universität Kiel, Arbeitsgruppe Umwelt-, Ressourcen- und Ökologische Ökonomik);
Dr. Linda Kleemann (IFW Kiel; GFA Consulting Group, Hamburg), Karoline Schacht (WWF)
Übersetzung: Katrin Kamin (Uni Kiel), Karoline Schacht (WWF)
Redaktion: Karoline Schacht (WWF)
Kontakt: karoline.schacht@wwf.de
Koordination: Karoline Schacht (WWF), Thomas Köberich (WWF)
Gestaltung: Wolfram Egert/Atelier für Graphic Design
Produktion: Maro Ballach (WWF)
Druck:
Papier:
Bildnachweise: F. Larrey/WWF

Inhalt

Zusammenfassung der Studie	4
Hintergrund	4
Ergebnisse	10
Kernaussagen der Studie und WWF-Schlussfolgerungen	13
Fazit	15
Überfischt und unterversorgt. Wie viel Fisch wir in Zukunft fangen und wer ihn essen wird.	16
1 Aufbau der Studie	16
2 Fischkonsum	18
2.1 Fischkonsum in den ausgewählten Fallstudienländern	20
2.2 Globale Bedeutung von Fisch als Proteinquelle	24
2.3 Ernährungssicherheit und Fisch	28
2.4 Fischabhängigkeit	29
2.5 Fischabhängigkeits-Index	31
2.6 Fischnachfrage und Fischangebot	34
3 Das bioökonomische Modell	37
3.1 Der Modellansatz	37
3.2 Verwendete Daten und Modellparameter	38
3.3 Globale und regionale Nachfragesysteme	40
3.4 Szenarien: Sozioökonomische Entwicklung und Fischereimanagement	43
4 Ergebnisse und Diskussion	46
Anhang	51
Nationale Verzehrempfehlungen für Fisch	51
Modell Fischverfügbarkeit	52
Nachfragemodell	53
Liste der großen marinen Ökoregionen	55
Liste der proteinreichen Substitutionsgüter ohne Fisch	55
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	56
Fußnoten	57
Literatur	58
Danksagung	60

Zusammenfassung der Studie

Hintergrund

Die Weltbevölkerung wächst und ihre Versorgung setzt die natürlichen Ressourcen der Erde schon jetzt erheblich unter Druck. Eine der drängendsten Zukunftsfragen dreht sich um die Ernährungssicherheit von bald neun Milliarden Menschen: Wie werden wir alle satt? Können wir unsere Fischereien und Landwirtschaft so verändern, dass sie uns ernähren, aber ihre negativen Umweltauswirkungen auf ein absolutes Minimum begrenzt bleiben? Werden wir in der Lage sein, die Verteilungsfragen gerecht und friedlich zu lösen?

Schätzungen zufolge wird sich der weltweite Nahrungsbedarf in den kommenden 35 Jahren verdoppeln. Aus technologischer Sicht scheint es zwar möglich, ausreichend Nahrung für bis zu 10 Milliarden Menschen zu produzieren (Evans, 1998). In Kalorien ausgedrückt ernten die Landwirte weltweit rund ein Drittel mehr als zur Versorgung der Weltbevölkerung nötig wäre (BMEL 2015). Dennoch hungert etwa eine Milliarde Menschen jeden Tag. Ihr Hunger resultiert aus einem Verteilungsproblem und ist eine Folge von Armut und nicht etwa von mangelnder Verfügbarkeit von Nahrung.

Was in einigen Regionen fehlt, wird in anderen sinnlos verschwendet: Weltweit landen etwa 30 bis 40 Prozent aller Nahrungsmittel entlang der Produktions- und Lieferketten in der Mülltonne (WWF 2015). Eine Ausweitung der Anbauflächen für die landwirtschaftliche Produktion von Grundnahrungsmitteln scheint kaum noch möglich, sondern stößt in vielen Bereichen an ihre Grenzen oder hat sie bereits überschritten. Viele Anbausysteme für Produkte wie Mais, Reis, Getreide oder Fleisch haben zwar die Erträge enorm wachsen lassen, degradierten aber gleichzeitig Ressourcen wie Böden und Wasser.

Und wie steht es um den Fisch? Für die globale Ernährungssicherung spielt Fisch eine immens wichtige Rolle. Für über 3,1 Milliarden Menschen liefert er mindestens 20 Prozent des tierischen Eiweißes, ist aber vor allem eine wichtige Quelle von Fettsäuren und Spurenelementen (Thilstedt et al. 2016; FAO 2016; Béné et al. 2015). Fisch liefert heute 17 Prozent des gesamten weltweit konsumierten Proteins. Dieser Anteil wird weiter wachsen, auch weil das steigende Einkommen von Konsumenten mit einer erhöhten Nachfrage nach qualitativ hochwertigem Fisch einhergeht (World Bank 2013). Neben seiner Bedeutung als Nahrungsquelle ist Fisch zudem von sozioökonomischer Bedeutung: Weltweit verdienen ca. 500 Millionen Menschen mit und in der Fischerei ihren Lebensunterhalt (FAO, 2014).

Doch der Zustand der weltweiten Fischbestände ist besorgniserregend: Von den wissenschaftlich erfassten Fischbeständen gelten 31 Prozent als überfischt und weitere 58 Prozent als maximal befischt (FAO 2016; Costello et al. 2016). Insbesondere für diesen bereits maximal genutzten Anteil gilt, dass ein weiter wachsen der Fischereidruck die Gesundheit der Bestände gefährden kann (FAO 2016).

In der Diskussion um die Versorgung der Weltbevölkerung mit hochwertigem Protein wird nach Ansicht des WWF außer Acht gelassen, dass die Systeme für Nahrungsmittelproduktion im Meer und an Land in enger Wechselbeziehung miteinander stehen und hinsichtlich ihrer Kapazität und natürlichen Grenzen gemeinsam betrachtet werden müssen. In der Fischfütterung kommt proteinreiches Soja zum Einsatz, Fischmehl und Fischöl wiederum stecken in der Tiernahrung für Schweine und Geflügel. Die Fangerträge aus dem Meer haben sich offenbar kaum noch erhöht. Sie stagnieren seit fast 30 Jahren. Die Nachfrage

nach Fisch ist aktuell viel größer, als über den Fang von Meeresfischen gedeckt werden kann, und schon heute stammt weltweit jeder zweite Fisch aus Zuchten oder Aquakulturen. Dieser seit 40 Jahren immens wachsende Zweig der Ernährungswirtschaft beansprucht sowohl Meer als auch Land (s. „Box: Aquakultur“).

Die Fischressourcen und ihre nachhaltige und schonende Nutzung langfristig zu sichern, ist Aufgabe des Fischereimanagements und liegt somit in der Verantwortung der Politik. Für eine Reihe von Wissenschaftlern steht fest, dass dieses Management deutlich verbessert werden muss, um die globale Ernährungssicherheit zu stärken und den drohenden Kollaps der Fischbestände zu verhindern (Pauly et al. 2005; Worm et al. 2006, 2009; Branch 2008; Branch et al. 2010; Allison et al. 2012; Quaas et al. 2016). Solche Reformen im Management können auf kurze Sicht sehr kostspielig sein. Doch die Maßnahmen würden sich auszahlen, sobald die Bestände wieder eine gesunde Größe erreicht haben (Quaas et al. 2012; Sumaila et al. 2012). Ein konsequentes, wirksames Fischereimanagement, das einen ökosystembasierten Ansatz verfolgt, die Durchsetzung der Regeln sicherstellt, die illegale Fischerei massiv einschränkt und ein nachhaltiges Management in allen Fischereien verankert, verbessert die weltweite Fischversorgung. Das wäre unabdingbar, um die weiter wachsende Fischnachfrage erfüllen zu können und die biologische Vielfalt und die Ökosystemfunktionen zu erhalten (Worm et al. 2009; Froese und Proelss 2010). Denn nur in gesunden Meeren leben gesunde Fischbestände.

In der vorliegenden Studie will der WWF Antworten auf drei Fragen suchen und zusammenführen:

- » Wie viel Fisch werden wir im Jahr 2050 unter nachhaltigen Bedingungen maximal aus den Meeren gewinnen?
- » Wie wird sich bis zum Jahr 2050 der Fischbedarf global und regional entwickeln?
- » Wie werden sich diese Prognosen auf den Fischkonsum auswirken? Droht uns beispielsweise eine Fischprotein-Lücke?

Aquakultur

Immer mehr Menschen essen immer mehr Fisch. Um der weltweit stark steigenden Nachfrage zu begegnen, wird Fisch auch in Farmen gezüchtet. Tatsächlich konnte in den vergangenen Jahrzehnten die Nachfrage nach Fisch überhaupt nur durch den starken Ausbau der Aquakulturen gedeckt werden, denn die Erträge der globalen Meeresfischerei stagnieren seit rund 30 Jahren. Mit durchschnittlich neun Prozent jährlichem Wachstum seit 1970 ist die Aquakultur der am schnellsten wachsende Zweig in der globalen Ernährungswirtschaft. Die Welternährungsorganisation FAO ermittelte für das Jahr 2014 eine Gesamtproduktion für die Aquakultur von über 90 Millionen Tonnen. Heute stammt mehr als die Hälfte des weltweit konsumierten Speisefisches aus Zuchten.

Doch das enorme Wachstum des Zuchtsektors ist aus mehreren Gründen problematisch: Einerseits wird die Zucht überwiegend in Ländern praktiziert, die nur wenige oder gar keine gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Regulierung der Aquakultur oder zum Schutz der Umwelt haben. Andererseits verursachen Fischzuchten im Meer große Umweltschäden, wenn beispielsweise Chemikalien, Futterreste, Fäkalien und Medikamente aus den offenen Netzkäfigen in die Flüsse und Meere gelangen.

Als Futter benötigen Raubfische in Zuchtanlagen vor allem Wildfisch, die Pflanzenfresser sind wiederum auf Proteine aus der Landwirtschaft angewiesen. Durch den Bau von Anlagen zur Shrimpszucht in den Küstenregionen tropischer und subtropischer Länder sind in der Vergangenheit wertvolle Lebensräume wie Mangrovenwälder verloren gegangen. Ihre Zerstörung hat massive Folgen für die Funktion der Küstenökosysteme, den Küstenschutz und die Fischerei. In dieser Studie konzentrierten wir uns auf die Zukunft von Fisch aus dem Meer. Die Zukunft der Aquakultur wird in einer separaten Untersuchung behandelt.

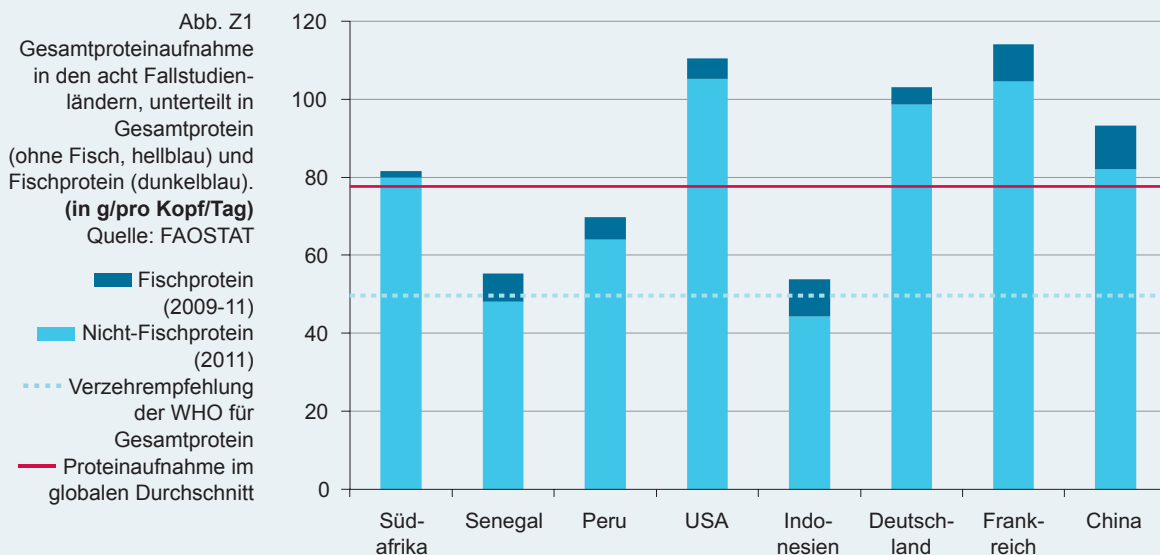
Fisch in der Ernährung

Die einzigartige Kombination aus hochwertigem Protein und wichtigen Nährstoffen macht Fisch zu einem außerordentlich wertvollen Lebensmittel. Fisch ist nicht nur eine Quelle für tierisches Eiweiß – 150 Gramm Fisch liefern ca. 50 bis 60 Prozent der benötigten Tagesration eines Erwachsenen –, sondern auch für Fettsäuren, Vitamine und andere unverzichtbare Bestandteile wie Jod und Selen, die in dieser Menge und Vielfalt in keiner Getreide- oder Fleischsorte vorkommen (Beveridge et al. 2013; Kawarazuka und Béné 2011; WOR2 2013). Nahrungsmittelvielfalt und -qualität sind wichtige Komponenten im Kampf gegen Hunger und Mangelernährung. Charakteristisch für Armut ist die oft zu hohe Aufnahme von Grundnahrungsmitteln wie Reis, Mais und Getreide bei einem zu geringen Anteil von Proteinen, Fetten und Spurenelementen.

In den Küstenregionen der Entwicklungsländer ist Fisch häufig die einzig verfügbare und bezahlbare Quelle an tierischem Eiweiß. Im weltweiten Vergleich wird in ärmeren Ländern eher wenig Fisch konsumiert (ca. 10 kg pro Kopf und Jahr), wohingegen der Pro-Kopf-Verbrauch in Asien, Nordamerika und Europa mit etwa 22 Kilogramm im Jahr über dem globalen Durchschnitt von 20 Kilogramm liegt. Das spiegelt die unterschiedlichen Faktoren wider, die den Fischkonsum beeinflussen: Wie gut ist Fisch verfügbar, wie teuer ist er, gibt es Ernährungstraditionen in Bezug auf Fisch und wie hoch ist der Entwicklungsstand des Landes? Generell gilt: Je geringer das Einkommen, desto niedriger der Fischkonsum.

Die Weltgesundheitsorganisation WHO empfiehlt mit ein bis zwei Portionen wöchentlich einen regelmäßigen Verzehr von Fisch (WHO 2002).¹ Bei einer mittleren Portionsgröße von 150 Gramm ergibt sich eine weltweite Empfehlung für den jährlichen Fischverzehr von durchschnittlich 11,7 Kilogramm pro Kopf. Für diese Studie wurden zahlreiche nationale Verzehrempfehlungen für Fisch ausgewertet. Sie bewegen sich mit gemittelten 10,6 Kilogramm Fisch pro Kopf und Jahr in einem ähnlichen Bereich (s. Tab. 6 im Anhang).

Dieser grobe Richtwert wird jedoch nur in Afrika und Lateinamerika eingehalten, alle anderen Weltregionen konsumieren deutlich mehr Fisch (siehe Abb. Z1). Aktuell liegt der weltweite mittlere Fischkonsum bei über 20 Kilogramm pro Kopf



und Jahr (FAO 2016). Auch in Deutschland wird mit rund 14 Kilogramm pro Person mehr Fisch pro Jahr gegessen als empfohlen wird.² Generell konsumieren die Deutschen zu viele Proteine. Je nach Altersgruppe liegt die Menge bei 130 bis 160 Prozent der Empfehlungen (MRI 2008). Wir essen also schon heute mehr Proteine und mehr Fisch, als wir benötigen. Da die Weltbevölkerung wächst und die Bevölkerungsdichte an den Küsten immer größer wird, stellt sich die Frage, ob wir unseren Fischbedarf auf Kosten derer stillen, die tatsächlich bedürftig sind. Weltweit betrachtet ist der Fisch auf den Tellern schon heute ungleich verteilt, und im globalen Norden wird zu viel Fisch pro Kopf gegessen.

Einen großen Anteil am Ernährungsmuster armer Menschen haben die Grundnahrungsmittel Mais, Reis und andere Getreide. Der Konsum von Fisch ist wichtig, um das unausgewogene Verhältnis von Kalorien und Eiweiß zu korrigieren. Fisch ist dabei meist nicht nur kostengünstiger als anderes tierisches Eiweiß, sondern oft auch in den lokalen und/oder traditionellen Rezepten verankert. In Ländern wie dem Senegal oder Indonesien stellt Fisch bis zu 40 Prozent der Gesamtaufnahme von tierischem Eiweiß. In absoluten Zahlen ist der Verzehr von tierischem Eiweiß in Entwicklungsländern niedriger als in Industrieländern. Doch der Anteil von tierischem Eiweiß am Gesamtprotein wächst sehr stark. Das liegt vor allem an der wirtschaftlichen Entwicklung und dem „Aufholen“ der Entwicklungsländer in Afrika und Asien. Wenn wir den Verzehr von tierischem Eiweiß nach Fisch und Fleisch unterscheiden, wird deutlich, dass der Beitrag von Fisch zur Versorgung mit tierischem Eiweiß seit 1990 leicht gesunken ist – vor allem zugunsten von Fleisch.

In armen Ländern, in denen Fisch aus Tradition gegessen wird, führt ein steigendes Einkommen zu höherem Fleischkonsum und zum Verzehr von höherwertigen Fischarten. In der Folge werden die eher kleinen, pelagischen Fische, also solche, die im offenen Meer zwischen Wasseroberfläche und Meeresgrund leben, durch größere, bodennah lebende Arten ersetzt.

Zwischen 1990 und 2012 blieb der Fischkonsum aus Wildfang beinahe konstant, während sich der Konsum von Fisch aus Zuchtfarmen verfünffachte. Im Jahr 2015 kam die Hälfte des für die menschliche Ernährung produzierten Fisches aus Aquakultur, verglichen mit nur 5 Prozent im Jahr 1962 und 37 Prozent im Jahr 2002 (FAO 2015).

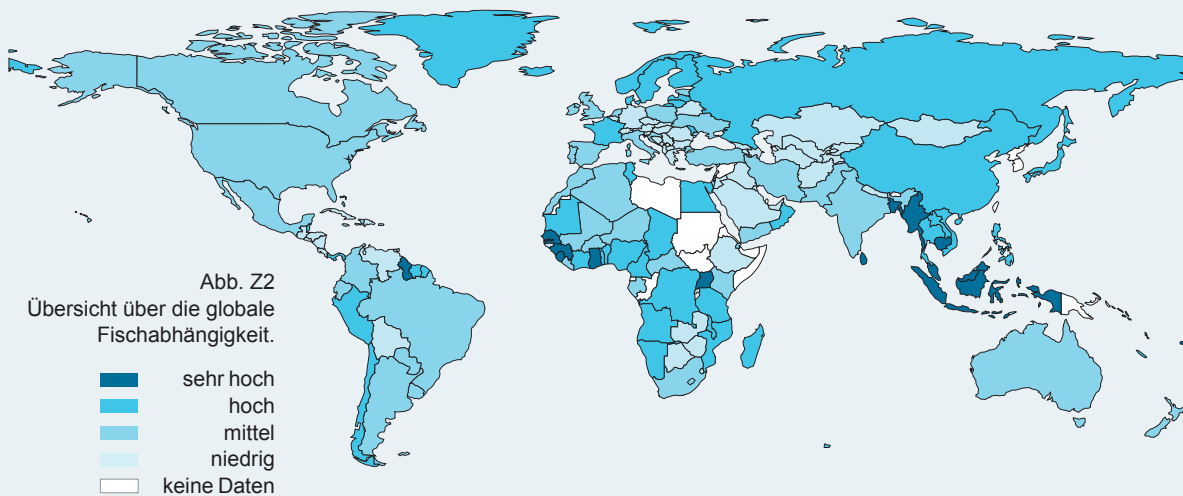
Global gesehen sind ausreichend Nahrungsmittel vorhanden, um alle Menschen auf der Erde zu versorgen. Wenn wir zudem die aktuelle Proteinversorgung zugrunde legen, gibt es auch keine Proteinlücke. Hunger erscheint vielmehr als eine Summe von Verteilungsfehlern all dieser Nahrungsmittel.

Die globale durchschnittliche Versorgung mit Eiweiß lag im Jahr 2011 bei 79 Gramm pro Kopf und Tag, während der durchschnittliche Eiweißbedarf 49,6 Gramm pro Kopf und Tag betrug. Letzteres wurde aus den empfohlenen 0,8 Gramm pro Kilogramm Körpergewicht und den 62 Kilogramm durchschnittlichen Gewichts einer Person 2011 berechnet. Gemessen an der Verzehrempfehlung der WHO entsprechen die 79 Gramm einer rund 30-prozentigen Überversorgung mit Protein.

Abb. Z1 zeigt die Eiweißversorgung in den Ländern, die als Beispiele für diese Studie ausgewählt wurden: Südafrika und Senegal, Peru und die USA, China und Indonesien, Deutschland und Frankreich. Die Höhe jeder Säule beschreibt das Gesamtangebot an Eiweiß, unterteilt in dunkelblaue Bereiche für Fisch und hellblaue Bereiche für andere Proteine.

Der neue Fischabhängigkeits-Index

Unser Fischabhängigkeits-Index misst das Ausmaß der Abhängigkeit von Fisch als Einkommens- und Nahrungsquelle, insbesondere für Eiweiß. Er basiert auf der Zusammensetzung der Faktoren a) Ernährungssicherheit (Verbreitung von Unterernährung in % der Bevölkerung), b) Fischkonsum (Anteil von Fisch an der gesamten Zufuhr tierischen Eiweißes in %), c) Fangmenge pro Kopf im Land und d) Bruttoinlandsprodukt (in USD; Kapazität, Fisch durch andere proteinreiche Nahrungsmittel zu ersetzen). Weitere Details zum Index unter Kapitel 2.5.



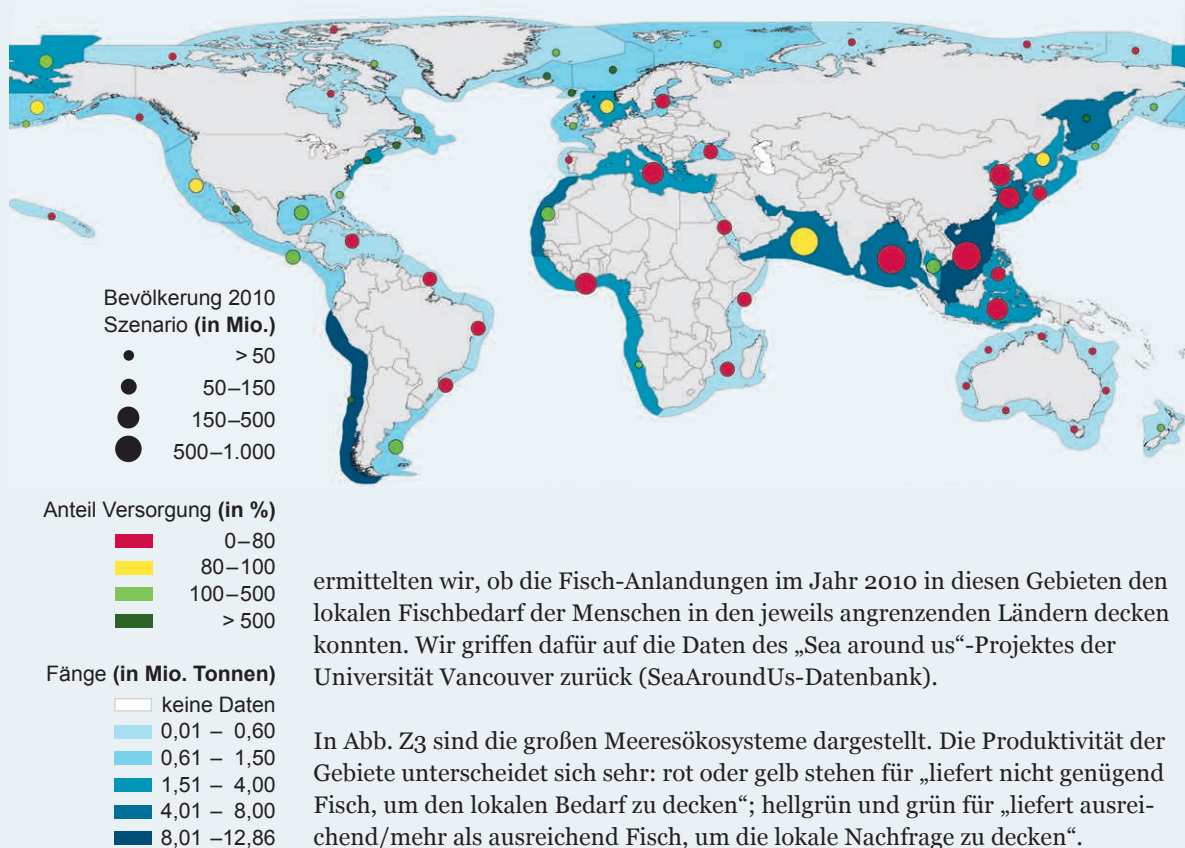
Wir verknüpfen in Abb. Z2 die länderspezifische Situation der Ernährungs(un)sicherheit mit dem Wert von Fisch und Fischerei für die Sozioökonomien und Lebensgrundlagen, um die Fischabhängigkeit der einzelnen Länder zu beschreiben. Der Index verdeutlicht, dass Länder mit einem hohen Anteil von Fisch in der Ernährung besonders stark von Fisch abhängig sind. Wichtiger aber ist, dass genau diese Länder (in Dunkelblau) in der Regel einen eher großen Fischereisektor haben und weder wohlhabend noch besonders ernährungssicher sind.

Nach diesem Index erscheint unter anderem der Senegal als besonders fischabhängig. Gleichzeitig ist das Land ein Beispiel für die Komplexität, die in dieser Aussage steckt: Basierend auf Schätzungen der FAO sind dort ca. eine Million Menschen direkt oder indirekt von der Fischerei abhängig. Fisch stellt 44 Prozent der Zufuhr von tierischem Eiweiß, aber nur 12 Prozent des gesamten Proteins. Wird die globale Empfehlung von 11,7 Kilogramm Fisch pro Person und Jahr als Referenz zugrunde gelegt, wird im Senegal mit einem durchschnittlichen jährlichen Pro-Kopf-Verzehr von 24 Kilogramm „zu viel“ Fisch gegessen. Auch die Versorgung mit Eiweiß liegt dort mit täglich 60 Gramm pro Kopf über dem benötigten Wert von 49 Gramm. Somit entstünde im Senegal bei einem moderaten Rückgang der Fischzufuhr auf der einen Seite zwar keine Eiweißlücke. Dennoch sind 10 Prozent der Bevölkerung unterernährt, und in ländlichen Küstenregionen ist die Fischerei die Haupteinkommensquelle (Thiao et al. 2012). Obwohl also die Eiweißversorgung ausreichend wäre, würde ein schrumpfender Fischereisektor wahrscheinlich Armut und Hunger in den Küstenregionen wachsen lassen (Lam et al. 2012) mit der möglichen Folge politischer Instabilität.

Fischnachfrage und Fischangebot

Abb. Z3
Höhe des Pro-Kopf-
Fischkonsums, Fischfänge
und Bevölkerungsgröße
auf LME-Basis für
das Jahr 2010.
Daten: SeaAroundUs-
Datenbank/eigene Karten

Wir wollten wissen, welche Regionen der Welt jetzt und in Zukunft ihren Bedarf durch eigene Produktion decken können und wo die Abhängigkeit von Importen wächst, um die Nachfrage zu stillen. Dafür haben wir nach einem gängigen Modell die Weltmeere in 64 große Meeresökosysteme (Large Marine Ecosystems, LMEs) unterteilt. Diese 64 Ökosysteme liefern bis zu 95 Prozent des jährlichen globalen Fischfangs (Sherman et al. 2009) und bergen für das regionale, teilweise multinationale Management ganz besondere Herausforderungen. Von hier aus



ermittelten wir, ob die Fisch-Anlandungen im Jahr 2010 in diesen Gebieten den lokalen Fischbedarf der Menschen in den jeweils angrenzenden Ländern decken konnten. Wir griffen dafür auf die Daten des „Sea around us“-Projektes der Universität Vancouver zurück (SeaAroundUs-Datenbank).

In Abb. Z3 sind die großen Meeresökosysteme dargestellt. Die Produktivität der Gebiete unterscheidet sich sehr: rot oder gelb stehen für „liefert nicht genügend Fisch, um den lokalen Bedarf zu decken“; hellgrün und grün für „liefert ausreichend/mehr als ausreichend Fisch, um die lokale Nachfrage zu decken“.

LMEs mit mehreren Anrainerstaaten (wie z. B. Mittelmeer, Karibische See oder Ostsee) scheinen den lokalen Bedarf weniger gut decken zu können, wohingegen LMEs mit nur einem oder wenigen Anrainern besser abschneiden. Zudem können generell die hoch produktiven Meeresökosysteme von Nordatlantik und Ostpazifik den lokalen Bedarf besser bedienen. Dies gilt auch für Europa, die Ost- und Westküste der USA und die Westküste Lateinamerikas. Im Gegensatz dazu und verglichen mit dem aktuellen Bedarf reicht die Fischproduktion in den LMEs rund um Afrika (mit Ausnahme von Nordwestafrika) und entlang der asiatischen sowie Australiens Küsten nicht aus.

Das bioökonomische Modell

Mit Blick auf das Jahr 2050 prognostizieren wir zukünftige Fischfänge weltweit und mögliche Auswirkungen auf den Fischverbrauch. Da die Fischfänge generell durch die Fischereiaktivität und die Produktivität der Bestände beeinflusst

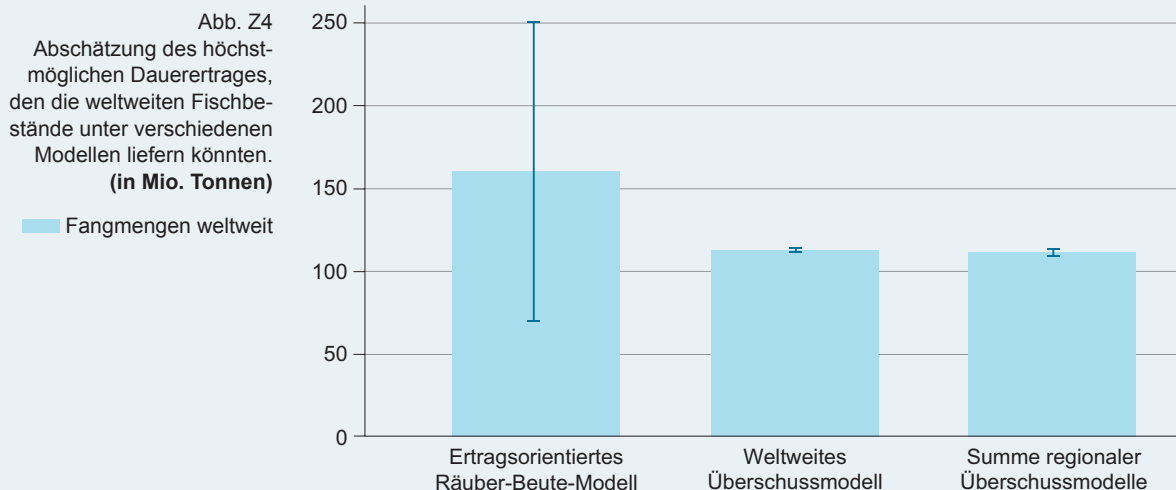
werden, benötigen wir zur Ermittlung der zukünftigen Fänge ein bioökonomisches Modell. Es kombiniert den ökologischen Teil, der die Produktivität der Fischbestände beschreibt, mit dem ökonomischen Teil, der die wirtschaftlichen Anreize zur Ausübung der Fischerei und die Verteilung der Fischfänge über die Märkte beschreibt.

Das Modell soll uns die Fragen beantworten, wie sich die Gesamthöhe der Fischfänge unter verschiedenen ökonomischen und Fischereimanagement-Szenarien verändert und wie sich der globale Gesamtfang auf regionale Fänge und regionale Konsummengen verteilt.

Wir haben der Modellierung verschiedene, gängige Systeme des Fischereimanagements zugrunde gelegt. Neu ist, dass wir in einem Ansatz die Interaktionen im Meer berücksichtigen. Unter den Fischen gibt es Räuber- und Beutearten und beide werden gefangen. Frühere Studien mit vergleichbaren globalen Forschungsansätzen haben die biologischen Wechselwirkungen bislang unberücksichtigt gelassen und entweder alle Fischarten in einem Modell zusammengefasst (World Bank 2009) oder biologisch voneinander unabhängige Bestände betrachtet (Quaas et al. 2016; Costello et al. 2016).

Ergebnisse

Für unsere Prognose gehen wir für alle Fischereien von einem MSY-Management aus (Maximum Sustainable Yield, MSY oder höchstmöglicher Dauerertrag). Da die Prognose den höchstmöglichen Dauerertrag ermittelt, können wir damit die Frage beantworten, in welchem Umfang die weltweiten Fischbestände theoretisch und maximal zu einer Versorgung der Weltbevölkerung mit Protein in 2050 beitragen könnten. Wir präsentieren hier Schätzungen des höchstmöglichen Dauerertrages für die weltweiten Fischbestände unter drei verschiedenen Modellansätzen.



Der erste Balken zeigt die globale Fangmenge für ein rein ertragsorientiertes Räuber-Beute-Modell. Erstmals ermittelt ein Modell auf der Grundlage dieser Wechselwirkungen die Produktivität der globalen Fischbestände: Nur wenn die großen Raubfischbestände stark dezimiert werden, lässt sich der Fang ihrer Beutfische deutlich erhöhen und somit das Gesamtvolumen des Fischfangs. Demzufolge lautet die Zielvorgabe des Fischereimanagements dieses Modells: Maximierung

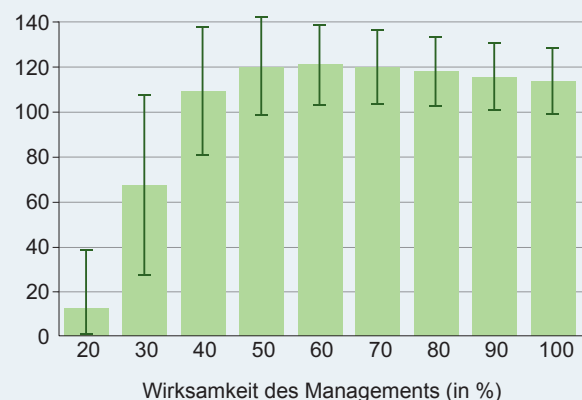
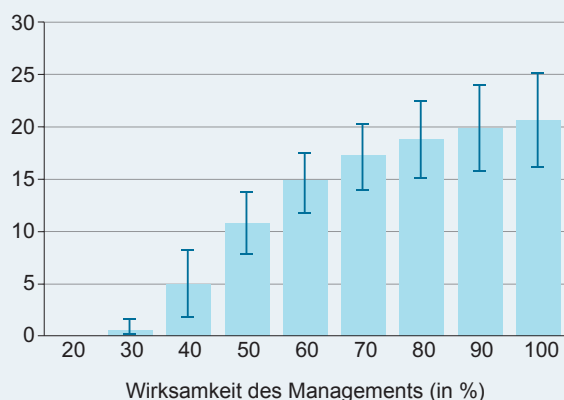
der Fangmengen. Ein höchstmöglicher Dauerertrag von 160 Millionen Tonnen im Jahr 2050 ist jedoch grundsätzlich nur auf Kosten der marinen Biodiversität zu erreichen. Die erhöhte Fangmenge geht mit einer hohen Unsicherheit einher (+/- 90 Millionen Tonnen). Das ist ein typischer Effekt nach dem destabilisierenden Eingriff in die Räuber-Beute-Balance. Missachtet man sämtliche anderen Zielwerte für gesunde Meere als Voraussetzung für gesunde Fischbestände – zum Beispiel intakte Lebensräume oder Minimierung des unerwünschten Beifangs –, wäre eine höhere Fangmenge zwar realisierbar, aber aus ökologischer Sicht weder wünschenswert noch nachhaltig.

Der zweite und dritte Balken zeigen dagegen einen stabilen Höchstfang für Überschussmodelle nach Schaefer. Ein solches Modell gibt vor, dass die Nutzungsrate generell nicht höher sein darf als die natürliche Wachstumsrate regenerativer Ressourcen. Wir haben das Überschussmodell zum einen für das gesamte Weltmeer mit einem angenommenen globalen Bestand berechnet (zweiter Balken) und zum anderen für die 64 einzelnen Meeresökosysteme (dritter Balken) mit ebenfalls je einem Bestand. Das Ergebnis des dritten Modells deckt sich aufaddiert mit dem zweiten, beide prognostizieren rund 112 Millionen Tonnen Fisch für das Jahr 2050. Mit diesem Überschussmodell analysieren wir nun den möglichen Beitrag der großen Meeresökosysteme zur Deckung des globalen und regionalen Fischproteinbedarfs.

Für das Jahr 2010 ermitteln wir rückblickend einen globalen Gesamtfang in Höhe von 101 Millionen Tonnen Fisch. Das bedeutet, dass die zukünftige Steigerung der heutigen Fangmenge bei höchstens 10 Prozent liegt. Entsprechend erscheinen die Ressourcen im Meer schon heute fast vollständig ausgeschöpft.

Abb. Z5
Globale Fischfänge im Jahr 2050 entsprechend dem globalen bioökonomischen Räuber-Beute-Modell für verschiedene Qualitätsstufen des Managements und bei einer BIP-Entwicklung nach Basisszenario SSP1 (Details zum Modell: Kap.4).
(in Mio. Tonnen)

Weltweite Fänge von Raubfisch
Weltweite Fänge von Beutefisch



Wir kommen zu dem Schluss, dass nur ein Management, das die ökosystemaren Zusammenhänge in den Mittelpunkt stellt, in der Lage ist, die verschiedenen Anforderungen an die Nachhaltigkeit in der Fischerei zu erfüllen: hohe Fangmengen bei einer gleichzeitig erhöhten Widerstandsfähigkeit des Ökosystems durch den Schutz der Biodiversität und der marinen Lebensräume.

Aktuell wird die Wirksamkeit des Fischereimanagements auf durchschnittlich 50 bis 60 Prozent geschätzt (Mora et al. 2009, Watson et al. 2009, Quaas et al. 2016). Hier besteht also noch erheblicher Entwicklungsspielraum. Auf diesem Niveau könnten die heutigen Fangerträge in der Summe gerade aufrechterhalten werden. Dafür müssen aber die großen Raubfische stark befischt werden, um den Räuberdruck auf die kleineren Futterfische zu verringern und so leicht erhöhte Gesamtfänge zu ermöglichen. Tatsächlich ist das heute schon eine gängige Praxis. Im Vergleich zum bestmöglichen Management verliert auf diese Weise das Gleichgewicht des Ökosystems an Stabilität, und der Fischkonsum wird sich in Zukunft mehr auf die Futterfische verlagern.

Wenn die Effektivität des Managements unter das aktuelle Niveau rutscht, wird sich das in einer starken Verringerung der Fänge von sowohl Raub- als auch Beutefischen ausdrücken. Eine möglichst hohe Wirksamkeit des Fischereimanagements ist also ausschlaggebend für die Aufrechterhaltung der Fangerträge bei gleichzeitig steigender globaler Fischnachfrage.

Im letzten Schritt analysieren wir, wie die einzelnen Meeresregionen dazu beitragen können, den weltweiten Proteinbedarf zu decken. Dafür verwenden wir die Schätzungen aus dem dritten Modell (Überschussmodell für die 64 LMEs) und vergleichen sie mit dem prognostizierten regionalen Fischkonsum. Für die Prognosen verwenden wir internationale Abschätzungen der künftigen sozio-ökonomischen Entwicklung, z. B. der Bevölkerungsentwicklung und des Wirtschaftswachstums (Shared Socio-economic Pathways, SSP).

Im SSP1-Szenario mit dem geringsten angenommenen Bevölkerungszuwachs wird das weltweite Fischangebot im Jahr 2050 etwa 81 Prozent des globalen Bedarfs von dann annähernd 8,5 Milliarden Menschen decken können. Im SSP3-Szenario mit stärker anwachsender Bevölkerung werden zum gleichen Zeitpunkt nur 75 Prozent des Fischbedarfs durch wildgefangenen Fisch gedeckt.

Es wird zwar allgemein angenommen, dass es die seit über 30 Jahren immens hohen Wachstumsraten der Aquakultur brauchte, um den weltweit steigenden Appetit auf Fisch zu stillen. Momentan stammt rechnerisch weltweit jeder zweite Fisch aus einer Zucht. Wenn die Ergebnisse unserer Prognosen zutreffen und die Fischfangmengen im Jahr 2050 rund 80 Prozent des weltweiten Bedarfs erfüllen könnten, dann nähme die Notwendigkeit einer weiter wachsenden Aquakulturproduktion ab, falls die Verteilung des Fisches auf gerechtere Art und Weise gelingt.

Und die Verteilungsprobleme wachsen noch: Der Fischkonsum in den Gebieten entlang der ostasiatischen Küste könnte zum Jahr 2050 stark nachlassen. Fisch wird global gehandelt, und die Höhe der Preise ist von der globalen Nachfrage abhängig. Sind die Fischpreise aufgrund dieser Nachfrage entsprechend hoch, wird Fisch für einen großen Teil der Bevölkerung der LMEs entlang der ostasiatischen Küste unerschwinglich. Diese Menschen werden auf bezahlbare alternative Proteinquellen ausweichen müssen, und der Fisch würde zum höheren Exportpreis ausgeführt.

Kernaussagen der Studie und WWF-Schlussfolgerungen

1 Nach der vorliegenden Prognose ist es möglich, im Jahr 2050 – bei gleichbleibend mittelmäßiger Wirksamkeit des heutigen Fischereimanagements – weltweit rund 112 Millionen Tonnen Fisch zu fangen. Damit scheinen die marinen Ressourcen schon heute (2010: 101 Millionen Tonnen Gesamtfang) fast vollständig ausgeschöpft und der Raum für eine Steigerung der Fangmengen in der Zukunft eher klein.

Es gibt nur eine Möglichkeit, die globalen Fangmengen in Zukunft relevant und auf nachhaltiger Basis zu steigern und so dem wachsenden Bedarf zu begegnen: Das weltweite Fischereimanagement muss deutlich verbessert werden und in seinen Entscheidungen die ökologischen Interaktionen viel stärker als bislang berücksichtigen, wie beispielsweise die zwischen Räuber- und Beutefischen. Ein derart differenziertes, aus wirtschaftlicher Sicht optimiertes und zu 100 Prozent durchgesetztes Management könnte im Jahr 2050 nachhaltige Fänge von rund 137 Millionen Tonnen weltweit ermöglichen.

WWF-Schlussfolgerung

Management verbessern

Auf allen Weltmeeren übt die Fischerei starken Druck auf die Fischbestände und ihre Lebensräume aus. Der WWF engagiert sich für ein ökosystembasiertes Fischereimanagement, das die Zukunft der Meeresökologie und der Menschen sichert. Dazu gehört neben dem Erhalt vitaler Bestände großer Raubfische der Schutz von Habitaten und bedrohten Arten. Die Höchstfangmengen werden so gesetzt, dass sie die Fischerei tatsächlich regulieren. Ein solches Management käme aus heutiger Sicht einem erheblichen Qualitätssprung gleich, der auch dringend notwendig ist, um die Fischerei nachhaltig zu machen. Auf diesem Wege gäbe es dann letztlich sogar mehr Fisch, der dann besser verteilt werden könnte.

Von einer besonders dramatischen Folge schlechten Managements zeugt die illegale Fischerei, die für weltweit geschätzte 30 Prozent des Gesamtfangs verantwortlich ist. Sie ist Ausdruck verschärften Wettbewerbs und hoher Nachfrage bei zu schwacher Kontrolle. Bei der Lösung dieser Problems kommt der Europäischen Union besondere Verantwortung zu: Die EU-Mitgliedstaaten müssen zum einen die geltende Verordnung gegen illegale Fisch-Importe konsequenter umsetzen. Zum anderen müssen sie dafür Sorge tragen, dass ihre Fischereiaktivitäten in Gewässern außerhalb der EU unter fairen und nachhaltigen Bedingungen ablaufen. Dazu gehört auch, dass die EU in ihren Abkommen der regionalen Fischerei Vorrang einräumt und die Versorgung der lokalen Bevölkerung mit lokalem Fisch zunächst sichergestellt sein muss.

2 Bleibt die Qualität des Fischereimanagements zumindest auf dem mittelmäßigen Stand von heute, könnte 2050 so viel wildgefangener Fisch zur Verfügung stehen (112 Millionen Tonnen), dass jeder Erdenbürger theoretisch mit rund 12 Kilogramm pro Jahr versorgt wäre. Das entspräche in etwa der Menge, die die WHO und zahlreiche Länder derzeit im Schnitt empfehlen.

WWF-Schlussfolgerung

Mehr Fisch-Gerechtigkeit

Was wie „Es gibt genug Fisch für alle“ klingt, bedarf aus WWF Sicht einer genaueren Betrachtung: Zunächst ist ein „Weiter so“ in der Fischerei keine Option, denn die Grenzen des Verträglichen sind für 58 Prozent der Fischbestände erreicht und für 31 Prozent überschritten, sie gelten als überfischt. Zudem gibt es schon heute



keinen fairen, am realen Bedarf ausgerichteten Verteilungsschlüssel für Fisch. Und zum anderen bezieht sich die WHO-Verzehrempfehlung für Fisch in erster Linie auf die wertvollen Spurenelemente und nicht auf Protein. In vielen Ländern liegt der heutige Fischbedarf klar über der mittleren WHO-Empfehlung, weil es in den betreffenden Regionen tatsächlich um die grundlegende Proteinversorgung geht und nur wenige Alternativen zum Fisch zur Verfügung stehen. Im Senegal werden jährlich 24 Kilogramm Fisch pro Kopf verzehrt und der Fisch liefert knapp die Hälfte des tierischen Proteins. In Deutschland und Frankreich übersteigt der Pro-Kopf-Verbrauch mit 14 bzw. 32 Kilogramm zwar auch die von der WHO angeratenen 11,7 Kilogramm. Allerdings liefert der Fisch hierzulande gerade einmal sieben Prozent des verzehrten tierischen Proteins. Selbst wenn wir in Europas Norden auf Fisch gänzlich verzichten, würden wir keinen Proteinmangel erleiden. Das sieht in armen Regionen mit hohem Fischkonsum durchaus anders aus.

3 Es ist davon auszugehen, dass die Industrieländer, die sich im Jahr 2050 mit einem Versorgungsengpass für Fisch konfrontiert sehen, von ihrer Möglichkeit Gebrauch machen werden, Fisch zu höheren Preisen zu importieren. Entwicklungsländer mit einem hohen Fischvorkommen werden dann ihren Fisch exportieren und nicht selber essen. Reiche Länder werden sich also in Zukunft „ihren“ Fisch weiterhin leisten können, ärmere hingegen nicht. Für arme Küstenländer steigt so die Wahrscheinlichkeit, dass sich in ihren Grenzen Armut und Hunger ausbreiten.

Im Jahr 2050 werden die großen Meeresökosysteme (LMEs) in Afrika und in Lateinamerika (Ausnahmen sind Nordwestafrika und Peru) sowie entlang der asiatischen Küste den dortigen Wildfischbedarf nicht decken können. Die Anrainer der LMEs in Ostasien, Westafrika und im westlichen Südamerika könnten aufgrund von hohen Fischpreisen und niedrigen Preisen für Substitutionsgüter ihren Fisch exportieren, während Industrieländer mit hoher Kaufkraft wie Australien oder die USA wahrscheinlich noch stärker als bisher Fisch einführen. Deutschland, Frankreich oder Südafrika könnten die teilweise großen Engpässe in ihrer Selbstversorgung über den Fischimport aus anderen Meeresregionen ausgleichen.



Ich esse was, was du nicht isst:

Europa importiert heute knapp ein Viertel des gesamten Welfischfangs und ist der weltgrößte Markt für Fisch und Fischprodukte. Über die Hälfte der Importe in die EU stammt aus Entwicklungsländern. Statistisch betrachtet haben wir in Europa „unseren“ Fisch aus eigenen Gewässern bereits zur Mitte eines Jahres aufgegessen. Die übrige Zeit essen wir importierten Fisch, der anderswo fehlt – als Nahrung und/oder als Säule von lokalen Wirtschaftsstrukturen. Der hohe Bedarf an eingeführtem Fisch würde wohl nachlassen, wenn die Fischbestände in den eigenen Gewässern der Europäischen Union wieder in einem gesunden Zustand wären.

Wir müssen davon ausgehen, dass der Fischkonsum im globalen Norden zukünftig noch weit mehr als bisher die Lebensbedingungen jener Menschen beeinflussen wird, die auf vielfältige Weise vom Fisch abhängen. Unsere Analyse der Verteilungsströme lässt überdies erahnen, dass zusätzlich erzielte Fänge nicht dazu dienen werden, den wachsenden Bedarf in fischabhängigen Ländern zu decken. Aber: Die zunehmende Ressourcenknappheit und Verteilungsungerechtigkeit beim Meeresfisch darf nicht zu Lasten der Ärmsten gehen. Das würde Konflikte schüren und Instabilitäten verschärfen, vor allem, wenn die Fischerei nicht besser reguliert wird.

WWF-Fazit

Unser Report „Überfischt und unterversorgt – Wie viel Fisch wir in Zukunft fangen und wer ihn essen wird“ identifiziert die treibenden Kräfte, die eine nachhaltige zukünftige Fischversorgung bestimmen. Er macht auch deutlich, dass wir konsequente Änderungen in der Fischerei und ihrer Verwaltungspraxis brauchen, damit die weltweite Armuts- und Hungerproblematik nicht bis weit in die Zukunft fortgeschrieben wird. Dies widerspräche der Verpflichtung, die sich die Welt mit dem Weltzukunftsvertrag der Vereinten Nationen gegeben hat: „Hunger und Armut bis zum Jahr 2030 abschaffen“ gehört zu den 17 Nachhaltigkeitszielen (SDGs). Wenn diese Ziele erreicht werden sollen, muss u. a. das Fischereimanagement überall deutlich verbessert werden. Neben dem schlechten Management leiden die Fischbestände unter den Folgen des Klimawandels sowie unter der Verschmutzung und Zerstörung ihrer Lebensräume. Investitionen in ein verbessertes Fischereimanagement, in eine nachhaltige Aquakultur, den Schutz wichtiger Meereslebensräume und in eine faire Handelspolitik würden die Produktivität der Meere wieder herstellen und sich für Milliarden Menschen in den Entwicklungsländern auszahlen. Unsere Ergebnisse machen deutlich, dass die wachsende Weltbevölkerung nicht als Begründung für eine noch rücksichtslosere Ausbeutung der Meere herhalten darf. Die Lösung liegt vielmehr in der Um- und Durchsetzung eines ökosystemverträglichen und nachhaltigen Fischereimanagements. Zudem müssen faire Zugangsrechte und Preise sichergestellt werden. Ein steigendes Angebot von nachhaltig produziertem, fair gehandeltem Fisch darf jedoch nicht nur das Verbrauchergewissen in Europa erleichtern, sondern muss mit messbaren Effekten den Fischern und Fischzüchtern in den Entwicklungsländern zugutekommen.

Dafür haben wir politisch, aber auch als Konsumenten die Verantwortung.

ÜBERFISCHT UND UNTERVERSORGT

Wie viel Fisch wir in Zukunft fangen und wer ihn essen wird. Eine weltweite Prognose

1

Aufbau der Studie

Zunächst beschreiben wir die Entwicklungen der vergangenen Jahre, den aktuellen Fischkonsum, erläutern Fakten zu Fisch- und Ernährungssicherheit und der Versorgung mit Fisch anhand eines neu entwickelten Index zur Fischabhängigkeit. Neben der globalen Perspektive betrachten wir einzelne Regionen sowie ausgewählte, repräsentative Länder.

Anschließend ermitteln wir, wie viel wildgefangener Fisch weltweit sowie in ausgewählten Regionen im Jahr 2050 zur Verfügung steht. Für die Modellierung berücksichtigen wir verschiedene ökonomische Szenarien und Qualitätsstufen des Managements und kontrastieren die Ergebnisse mit der zukünftigen Nachfrage nach Fisch. Auch hier betrachten wir sowohl die globale Perspektive als auch die Regionen auf Ebene der Meeresgebiete.

Die Nachfrage ermitteln wir auf Basis der „übergreifenden sozioökonomischen Entwicklungslinien“ (shared socioeconomic pathways, SSPs³) und der regionalen Versorgung mit alternativen Proteinquellen – und schaffen damit einen ganz neuen Ansatz für die Nachfrageprognose.

Für die Ermittlung des Potenzials der Fischproduktion nehmen wir ein globales Räuber-Beute-Modell an. Das heißt, wir berücksichtigen zusätzlich auch die biologischen Wechselwirkungen und bereichern das gängige Modell um „ökologischen Realismus“.

Klimawandel

Der Fokus der vorliegenden Studie liegt sowohl auf den biologischen und ökonomischen Effekten als auch auf den Auswirkungen der Qualität des Fischereimanagements auf zukünftige Fischfänge und -konsum. Für die Zukunft der Fischerei insgesamt spielt jedoch auch der Klimawandel eine bedeutende Rolle (Cheung et al. 2010; Lam et al. 2012; Merino et al. 2012). Auf manche Bestände wirkt die Erwärmung des Ozeans produktivitätssteigernd (Kjesbu et al. 2014; Voss et al. 2011). Generell aber verlieren die Bestände an Produktivität bei Erwärmung und zunehmender Versauerung (Voss et al. 2015; Blanchard et al. 2012). Für die Fischereien überwiegen daher wohl die nachteiligen Effekte des Klimawandels. Schätzungen zukünftiger Fangerträge sind daher im Zweifel zu optimistisch.

Schließlich kombinieren wir die regionale Fischproduktion in den großen marinen Ökosystemen (Large Marine Ecosystems, LMEs) mit der regionalen und globalen Nachfrage nach Fisch. Im letzten Teil präsentieren wir unsere Modell-ergebnisse zur Zukunft der Meeresfischerei und zu den Auswirkungen auf den Fischkonsum und diskutieren die Fragen nach der Verteilung der Ressourcen und den Herausforderungen für den Handel.

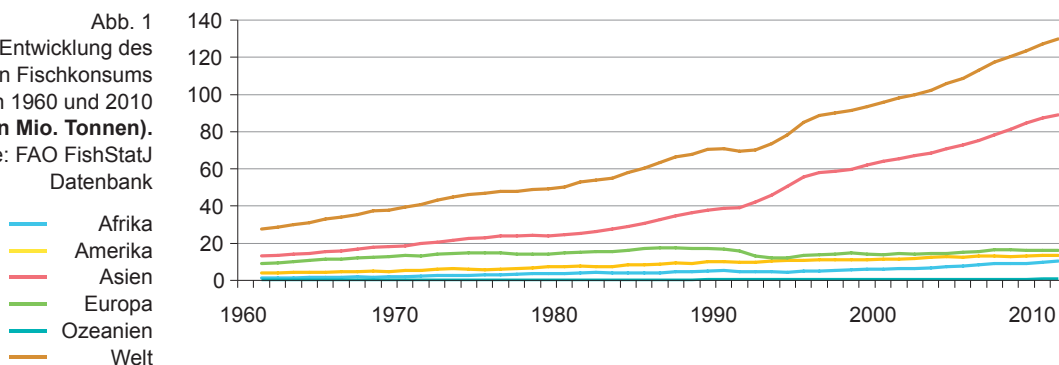
Alle Berechnungen und Modelle basieren auf Daten von

- » SeaAroundUs (<http://www.seaaroundus.org/>) zu weltweiten Fischenlandungen und Preisen in den großen marinen Ökosystemen (Large Marine Ecosystems, LMEs);
- » FAO (<http://faostat3.fao.org/home/E>) zu Konsummengen und Import- und Exportpreisen proteinreicher Lebensmittel;
- » wissenschaftlichen Studien zu Schätzwerten für Präferenzparameter;
- » den „Shared Socioeconomic Pathways“ (SSPs) für Einkommens- und Bevölkerungsszenarien.

Der Begriff des „Fischkonsums“ wird hier als verfügbare Menge an Fisch innerhalb eines Landes definiert: Produktion (ohne Nichtlebensmittel) plus Importe minus Exporte plus/minus Änderungen im Bestand.⁴

Der hier untersuchte Fischkonsum enthält Meeresfische, Süßwasserfische, Weichtiere sowie Schalentiere und Kopffüßer aus Wildfang und Zucht. Die Daten decken die 50 Jahre zwischen 1961 und 2011 ab. Abb. 1 zeigt den Anstieg des Fischkonsums, der im Jahr 2011 rund 130 Millionen Tonnen erreicht. Während er in Afrika, Amerika, Europa und Ozeanien in 50 Jahren nur leicht anstieg, nimmt der Fischkonsum in Asien seit den 1980er Jahren stark zu. Dieser Anstieg beruht in erster Linie auf Chinas expandierender Fischproduktion, insbesondere in der Aquakultur.

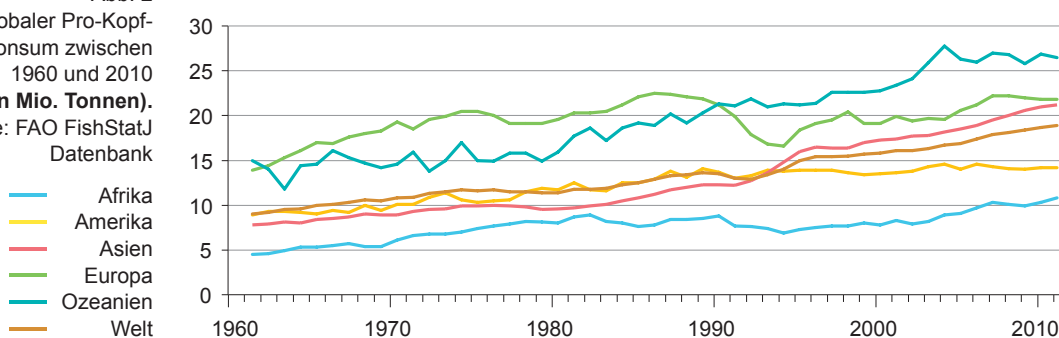
Abb. 1
Entwicklung des
globalen Fischkonsums
zwischen 1960 und 2010
(in Mio. Tonnen).
Quelle: FAO FishStatJ
Datenbank



Die Entwicklung des jährlichen Pro-Kopf-Verbrauchs von Fisch im gleichen Zeitraum zeigt Abb. 2. Innerhalb von 50 Jahren hat er sich mehr als verdoppelt und erreichte über 19 Kilogramm im Jahr 2013. Der Pro-Kopf-Konsum von Fisch nahm zwar auf jedem Kontinent zu, dennoch ist die absolute Menge an Fisch, die pro Person gegessen wird, von Region zu Region sehr verschieden. Afrika hat mit 4,5 Kilogramm im Jahr 1961 und 10,8 Kilogramm im Jahr 2011 den weltweit niedrigsten Fischkonsum pro Kopf. Bis 1990 aßen die Menschen in Europa den meisten Fisch pro Kopf (21,3 kg), seither führt Ozeanien (26,5 kg in 2011). Auch oder vor allem getrieben durch die steigende chinesische Aquakulturproduktion, zeigt Asien den stärksten Zuwachs an Fischkonsum pro Person (siehe Abb. 2).

In Abb. 3 werden die Unterschiede im aktuellen Fischkonsum auf Länderebene deutlich: Während die Industrieländer den höchsten Wert pro Person aufweisen (im Durchschnitt 26,8 Kilogramm in 2013) haben Länder mit niedrigem Einkommen und Nahrungsmitteldefizit (Low Income Food-Deficit Countries, LIFDCs) den niedrigsten Pro-Kopf-Verbrauch (im Schnitt 7,6 kg in 2013). Solche Unter-

Abb. 2
Globaler Pro-Kopf-
Fischkonsum zwischen
1960 und 2010
(in Mio. Tonnen).
Quelle: FAO FishStatJ
Datenbank



schiede werden durch Preise für und die Verfügbarkeit von Fisch und Substituten, aber auch durch Einkommen und sozioökonomische Faktoren beeinflusst (FAO 2016).

Bei der Betrachtung von globalen Konsummustern fällt auf, dass der Anteil an bodennah lebenden, pelagischen und anderen Meeresfischen über die Zeit abnahm, während der Anteil an Süßwasserfisch stieg (siehe Abb. 4). Auch hierfür ist in erster Linie die Aquakulturproduktion in China verantwortlich, welche zu einem stark gestiegenen Konsum von Arten wie Seewolf, Buntbarsch, Pangasius sowie Garnelen und Muscheln geführt hat. Der Konsum von Süßwasserfisch wuchs in den untersuchten 50 Jahren von 1,5 auf 6,5 Kilogramm pro Kopf.

Die Konsummuster zeigen auch auf Ebene der Kontinente ähnliche Trends (siehe Abb. 5). Allerdings verringerte sich der Anteil von bodennah lebenden und pelagischen Fischen in Asien, Amerika und Europa. Aquakulturprodukte als günstigere Alternative zu Wildfisch könnten ein Antrieb hierfür sein. In Afrika hingegen ist das Muster über die Zeit relativ konstant geblieben, mit einem nur leichten Anstieg im Verzehr pelagischer Arten.

Während Mittelmeerränder und ostasiatische Länder Kopffüßer (Cephalopoden) bevorzugen, bevorzugen die Verbraucher in Nordeuropa und Nordamerika die bodennah lebenden Fische. Von den weltweit 19,7 Kilogramm Fischkonsum pro Kopf entfielen im Jahr 2013 rund 74 Prozent auf Fische und 25 Prozent oder 4,9 Kilogramm pro Kopf auf Schalentiere (FAO 2016).

Abb. 3
Globaler Pro-Kopf-
Fischverzehr (der Durchschnitt von 2008 bis 2010)
(in kg/Jahr).
Quelle: FAO 2014

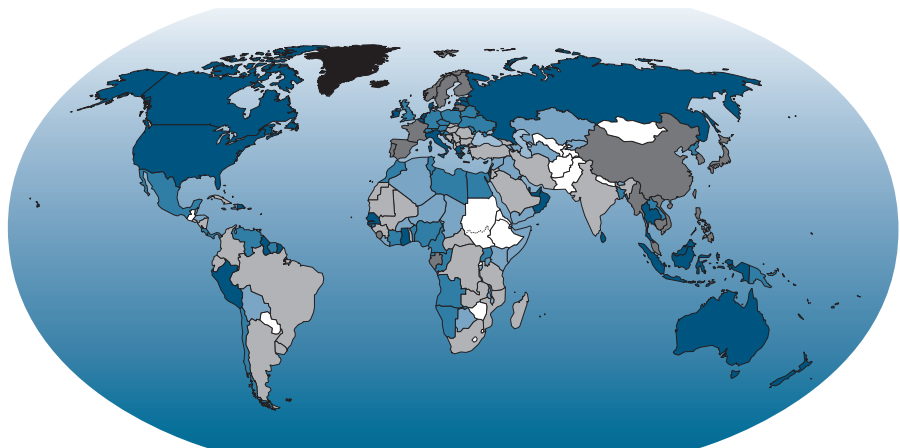
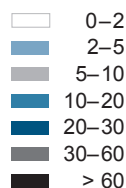
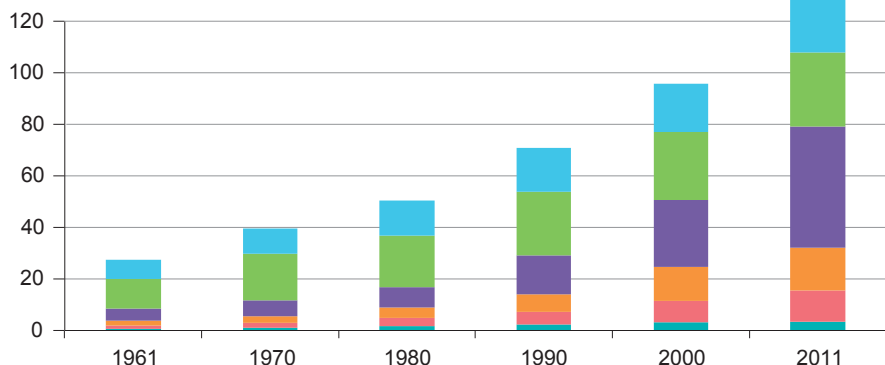


Abb. 4
Globales Konsummuster
für Fisch (in Mio. Tonnen).
Quelle: FAO FishStatJ
Datenbank



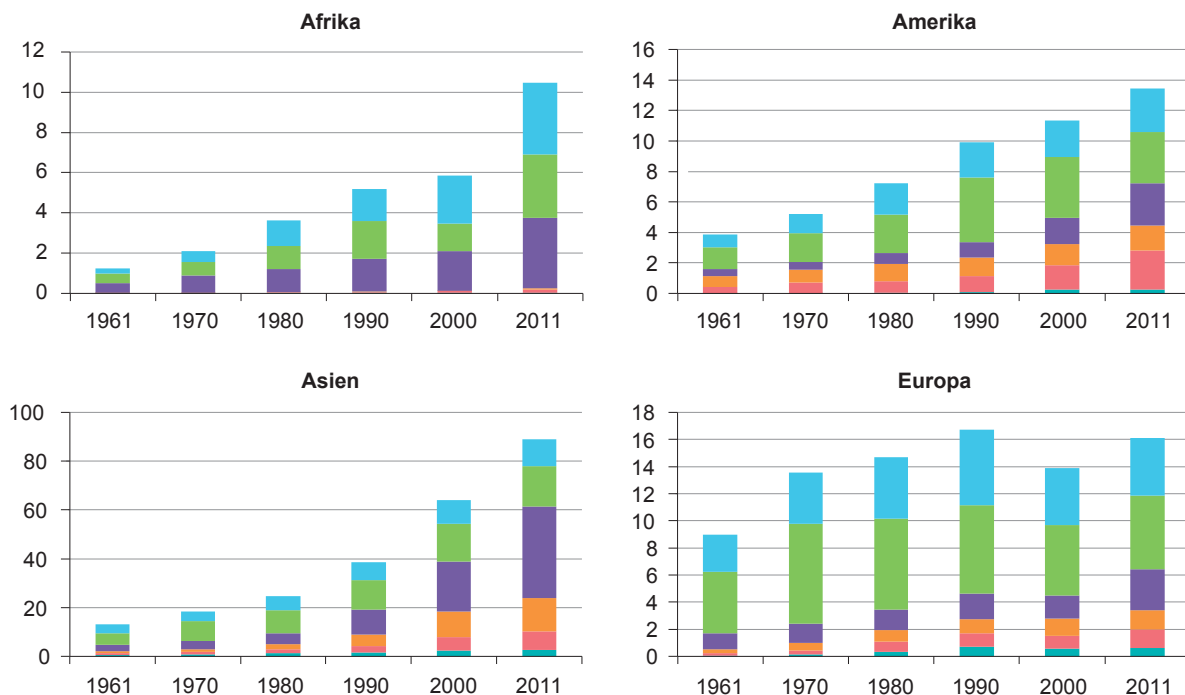


Abb. 5
Konsummuster für
Fisch in den verschie-
denen Kontinenten
(in Mio. Tonnen).
Quelle: FAO FishStatJ
Datenbank

■ Schwarmfisch
■ Bodenlebende
■ andere Meeresfische
■ Süßwasserfisch
■ Weichtiere/
andere
■ Krebstiere
■ Kopffüßer

2.1 Fischkonsum in den ausgewählten Fallstudienländern

Zusätzlich zu dem breit angelegten Überblick untersuchten wir acht Länder genauer, um detailliertere Einblicke und Erkenntnisse zu erlangen. Die Länderauswahl umfasst:

- » Frankreich und Deutschland (Europa),
- » Peru und die Vereinigten Staaten von Amerika (Amerika),
- » China und Indonesien (Asien) sowie
- » Senegal und Südafrika (Afrika).

Die Auswahl erfolgte auf Basis dieser Kriterien: (1) jeder Kontinent (außer Ozeanien) sollte vertreten sein, (2) es sollten Industrie- und Entwicklungsländer miteinbezogen werden, (3) Fisch und Fischerei sollten für diese Länder eine wichtige Rolle spielen.

Die afrikanischen Länder **Senegal** und **Südafrika** haben von allen den niedrigsten Fischkonsum, der von 0,06 Millionen Tonnen (Senegal) und 0,1 Millionen Tonnen (Südafrika) auf 0,3 Millionen Tonnen in beiden Ländern wuchs. **Perus** Fischkonsum übersteigt mit 0,14 Millionen Tonnen in 1961 und 0,65 Millionen Tonnen in 2011 leicht die afrikanischen Werte. Im Gegensatz dazu lagen für die **USA** die Werte mit 2,5 Millionen Tonnen (im Jahr 1961) bereits viel höher und wuchsen bis 2011 auf 6,8 Millionen Tonnen. Obwohl **Indonesiens** Fischkonsum zu Beginn der 1960er Jahre unter 1 Million Tonnen lag, erreicht das Land im Jahr 2011 mit einem Maximum von 6,9 Millionen Tonnen ähnliche Werte wie die USA. **China** ist der Spitzenreiter im absoluten Fischkonsum: Er verdoppelte sich von 3,4 Millionen Tonnen in 1961 auf 6,9 Millionen Tonnen in 1984. Seit den 1980er Jahren wächst Chinas Fischkonsum rapide und erreichte 46 Millionen Tonnen in 2011. Verglichen damit verlief die Entwicklung des Fischkonsums

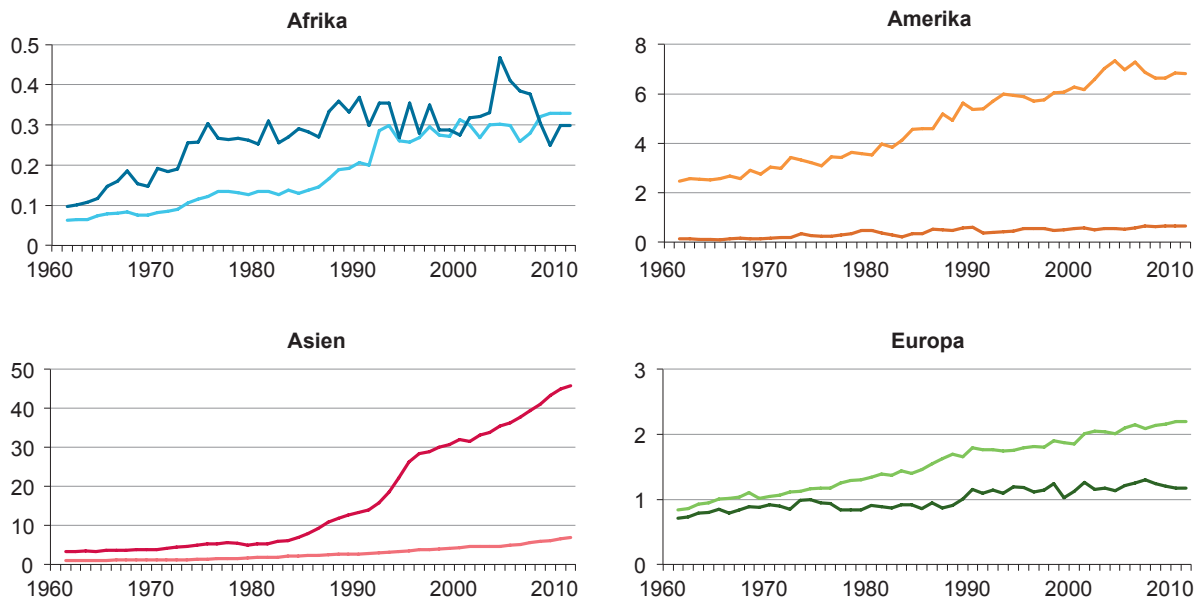


Abb. 6
Fischkonsum in den acht
Fallstudienländern.
(in Mio. Tonnen)
Quelle: FAO FishStatJ
Datenbank

Senegal
Südafrika
Peru
USA
Indonesien
China
Frankreich
Deutschland

in **Deutschland** und **Frankreich** moderat: In Deutschland blieb er mit 0,7 Millionen Tonnen in 1961 und 1,2 Millionen Tonnen in 2011 relativ konstant. Frankreich erlebte ein stärkeres Wachstum, von 0,7 Millionen Tonnen in 1961 auf 2,2 Millionen Tonnen in 2011.

Hinsichtlich des Fischkonsums pro Kopf und über die Zeit gibt es Unterschiede zwischen den Fallstudienländern (siehe Abb. 7). Während Südafrikas Pro-Kopf-Konsum dem afrikanischen Durchschnitt gleicht, wird im Senegal vier- bis fünfmal mehr Fisch konsumiert. Sowohl Peru als auch die USA übersteigen das durchschnittliche Konsumniveau des amerikanischen Kontinents. Beide zeigen zudem eine ähnliche Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauchs über die Zeit. Der Konsum in Peru schwankt sehr stark. Diese Schwankungen folgen den enormen Bestandsänderungen der peruanischen Sardelle (*Engraulis ringens*) und sind Ausdruck der hohen Abhängigkeit (bis zu 80 Prozent) des peruanischen Fischkonsums von diesem Fisch. Ein Beispiel liegt zu Beginn der 1980er Jahre, als sich die Sardellenbestände westlich der südamerikanischen Küste auch aufgrund eines El-Niño-Phänomens dramatisch verringerten (FAO 2016a) und daraufhin der Pro-Kopf-Konsum ebenfalls stark abfiel.

In China und Indonesien gab es analog zur allgemeinen Entwicklung in Asien einen starken Zuwachs des Pro-Kopf-Konsums. Europas und Deutschlands Fischverzehr pro Person ist über die Zeit eher gleich geblieben, wobei Deutschland unter und Frankreich leicht über dem europäischen Schnitt liegt, hier wuchs der Verbrauch von 18 auf 35 Kilogramm pro Kopf.

Wenn man die Konsummuster auf Länderebene vergleicht, werden zudem Unterschiede zwischen den Entwicklungsländern – Südafrika, Senegal, Indonesien und Peru – und den entwickelten Ländern – China, Frankreich, Deutschland und die USA – sichtbar (siehe Abb. 8). In den Entwicklungsländern machen Meeresfische den größten Anteil an konsumiertem Fisch aus, die pelagischen Fischarten führen diese Gruppe an. Außer in Indonesien ist der Anteil an Süßwasserfisch sehr gering. Indonesien ist einer der größten Aquakulturproduzenten der Welt. An Süßwasser-spezies werden insbesondere Karpfen, Buntbarsch und Gurami sowie Garnelen

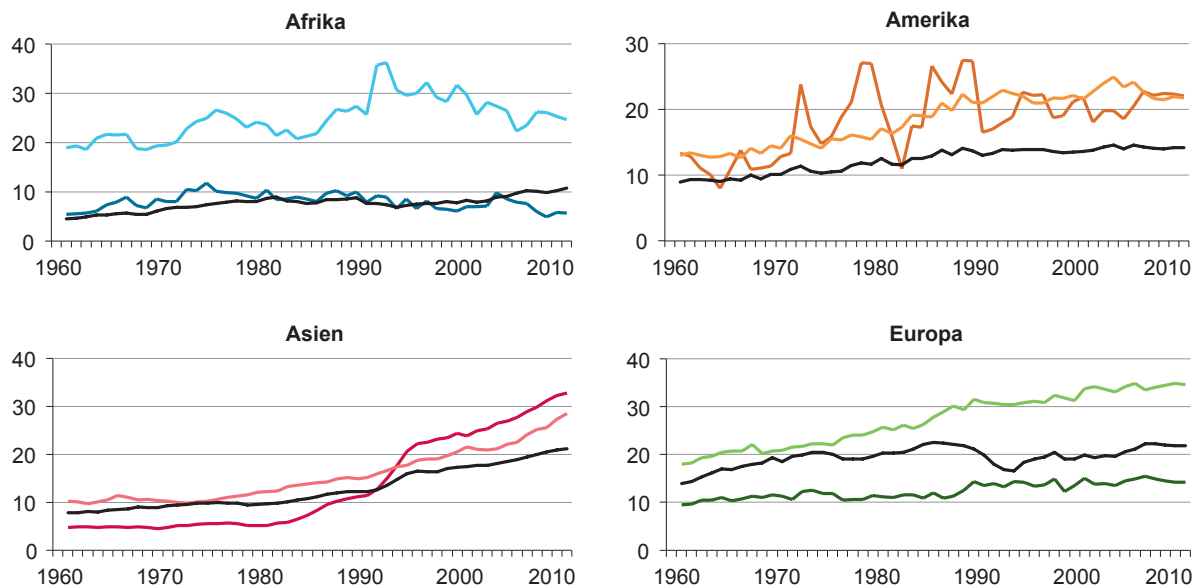


Abb. 7
Pro-Kopf-Fischkonsum in
den acht Fallstudienländern
und dem entsprechenden
Kontinent (in kg pro Jahr).
Quelle: FAO FishStatJ
Datenbank

— Senegal
— Südafrika
— Afrika
— Peru
— USA
— Amerika
— Indonesien
— China
— Asien
— Frankreich
— Deutschland
— Europa

produziert (FAO 2016b). Auch in Peru steigt der Konsum von Süßwasserspezies und Weichtieren seit 1990 an. Gegen Ende der 1980er Jahre begann man hier mit der Aquakulturproduktion von Forelle, Buntbarsch, Garnelen und Muscheln, die sich in den darauffolgenden Jahren erfolgreich entwickelte (FAO 2016c).

Von den Industrieländern haben Deutschland und Frankreich den höchsten Verbrauch von Meeresfischen. Dennoch hat in Frankreich der Fischkonsum zugunsten von Weichtieren und Schalentieren über die Zeit abgenommen. In Deutschland stieg der Anteil der Süßwasserfische. Während in den USA der Gesamtkonsum eher konstant blieb, sank ähnlich wie in Frankreich und Deutschland der Anteil von Meeresfischen am Konsum und der Anteil von Süßwasserfisch und Schalentieren stieg. Dieser Anstieg geht wohl auf importierte Aquakulturprodukte zurück – diese sind im Vergleich zu Wildfisch günstiger.

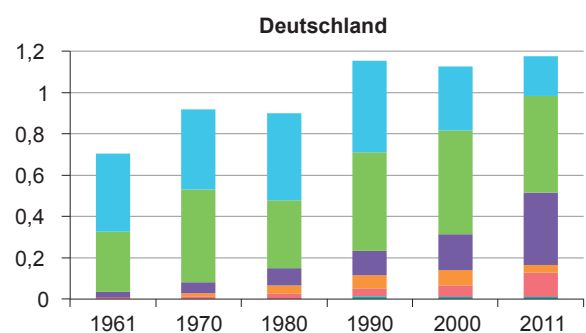
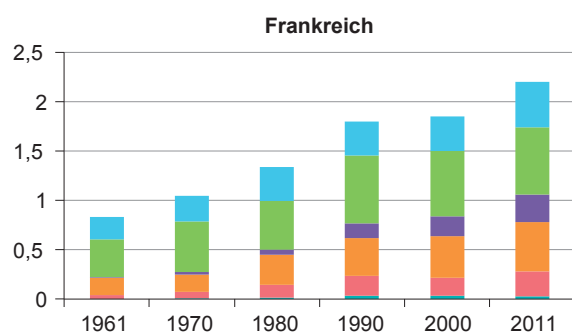
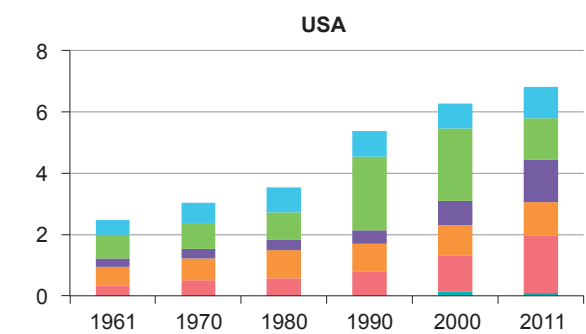
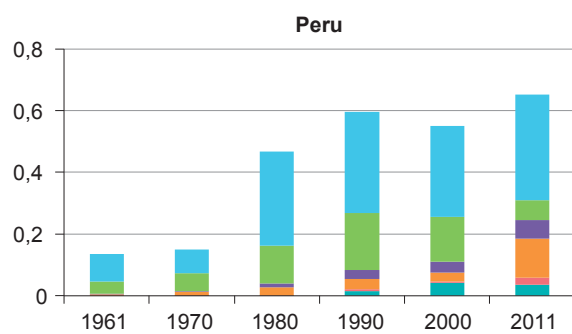
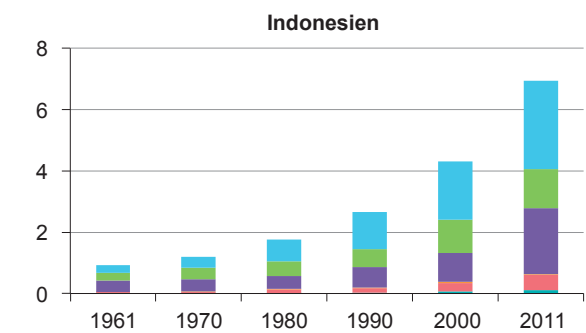
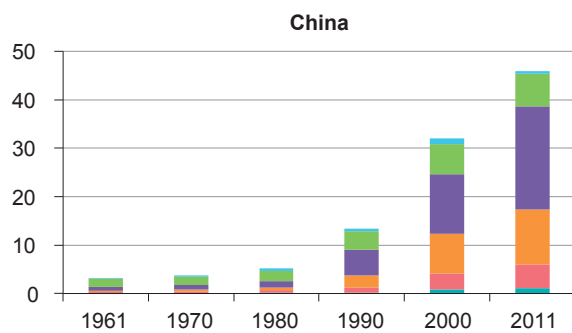
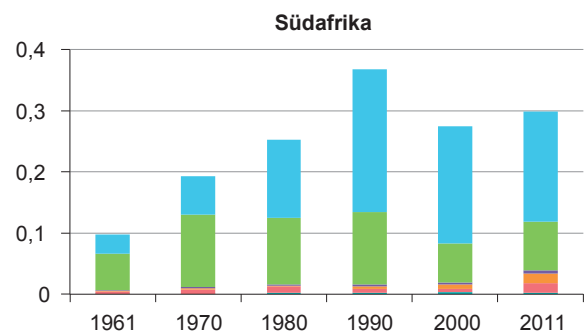
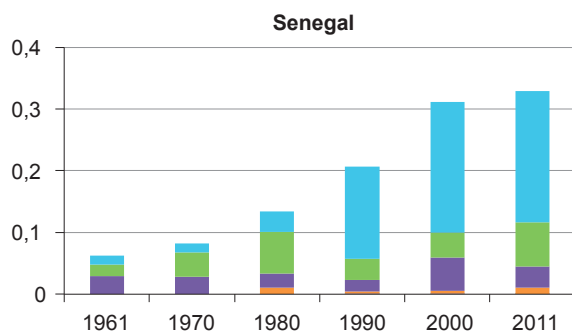
China hatte in den vergangenen Jahrzehnten als globaler Spitzenreiter in der Aquakulturproduktion den höchsten Anteil an Süßwasserfisch und Weichtieren am Konsum. Im Gegensatz dazu ist der Verbrauch von pelagischen und bodenlebenden Fischarten der geringste aller acht Fallstudienländer.

Der rapide Anstieg des Fischkonsums in den Entwicklungsländern Asiens erklärt sich durch die Kopplung von wachsendem Wohlstand mit wachsendem Fischkonsum: Die Pro-Kopf-Aufnahme von Fisch steigt dort am schnellsten, wo Wohlstand und Urbanisierung einhergehen und das inländische Fischangebot steigt (HLPE, 2014).

Betrachtet man den weltweiten Konsum insgesamt über die Zeit, dann sank der Anteil von Meeresfisch, während der Anteil an Süßwasserfisch wuchs. Dennoch stellt Meeresfisch noch immer den Großteil an konsumiertem Fisch und manche Länder, wie zum Beispiel Südafrika, sind zu fast 100 Prozent von Wildfisch abhängig. Subsahara-Afrika trägt derzeit zwar noch unter 1 Prozent der weltweiten Aquakulturproduktion, verzeichnet aber die am schnellsten wachsende Aquakulturindustrie (World Resources Institute 2013). Nach wie vor ist die sehr kleine afrikanische Aquakulturproduktion von schwierigen Marktbedingungen

Abb. 8
Konsummuster für Fisch in
den acht Fallstudienländern
(in Mio. Tonnen).
Quelle: FAO FishStatJ
Datenbank

■ Schwarmfisch	■ Süßwasserfisch
■ Bodenlebende	■ Weichtiere/ andere
■ Meeresfische	■ Krebstiere
	■ Kopffüßer



gekennzeichnet, die unter anderem einen Fokus auf die kleinbetriebliche Aquakultur legt. Das ist zwar für die lokale Ernährungssicherheit bedeutsam, kann aber den nationalen Bedarf nach einer wachsenden Fischproduktion nicht decken (Beveridge et al. 2010).

In manchen einkommensschwachen Ländern ersetzt in Monokulturen produzierter Fisch immer häufiger den traditionellen Konsum kleiner Fischarten (FAO COFI, 2014). Vor allem die kleinen pelagischen Fische haben eine einzigartige Nährstoffzusammensetzung und sind für die Ernährung besonders wichtig. Sie sind außerdem günstiger und leichter zugänglich als die größeren Meeresfische oder andere tierische Lebensmittel und Gemüse (Kawarazuka und Bené, 2011). Der Konsum dieser Fischarten sollte daher gefördert und vorangetrieben und ihre Nutzung für Fischmehl und Fischöl überdacht werden (Tacon und Metian, 2013). Neben Deutschland spielt pelagischer Fisch in Bezug auf Konsum eine wichtige Rolle für alle Entwicklungsländer der Fallstudienländer (siehe Abb. 8). Daher ist vor allem in den Ländern mit niedriger Aquakulturproduktion eine zukünftige Verfügbarkeit von Meeresfisch besonders wichtig.

Fazit

- » Der weltweite Fischkonsum ist über die Zeit gestiegen, aber der Anteil an Meeresfisch und Meeresfrüchten hat abgenommen.
- » Meeresfisch spielt nach wie vor eine wichtige Rolle im Konsum; manche Länder sind zu beinahe 100 Prozent von Wildfang abhängig.
- » Der wachsende Fischkonsum ist vor allem getrieben durch die stark wachsende Aquakulturproduktion in China.
- » Aquakulturprodukte sind nicht für alle Länder eine Option, zumal nicht als Ersatz für Meeresfisch.

2.2 Globale Bedeutung von Fisch als Proteinquelle

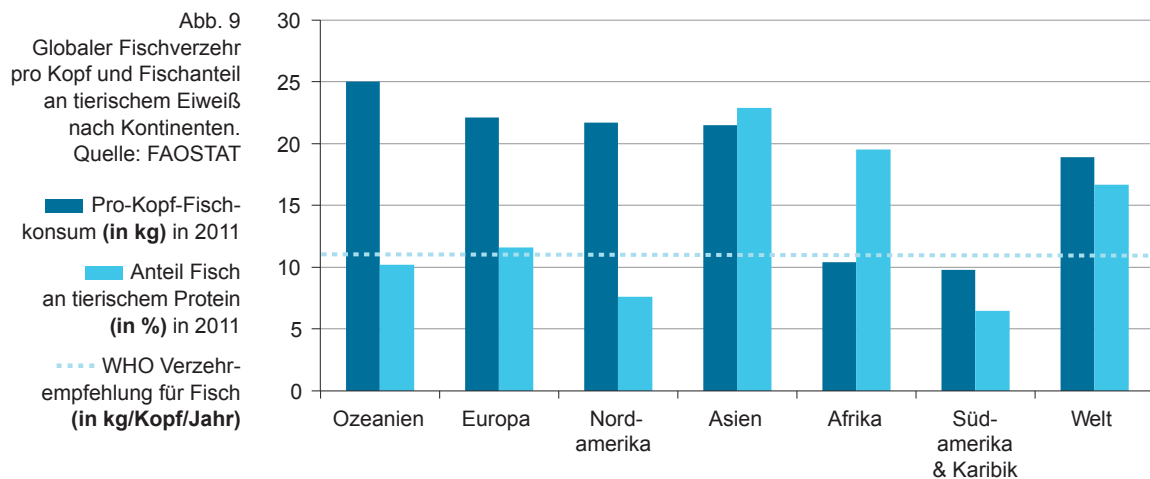
Die einzigartige Kombination aus hochwertigem Protein und wichtigen Nährstoffen macht Fisch zu einem außerordentlich wertvollen Lebensmittel. Fisch ist nicht nur eine Quelle für tierisches Eiweiß – 150 Gramm Fisch liefern ca. 50 bis 60 Prozent der benötigten Tagesration eines Erwachsenen –, sondern auch für Fettsäuren, Vitamine und andere unverzichtbare Bestandteile wie Jod und Selen, welche in dieser Menge und Vielfalt in keiner Getreide- oder Fleischsorte vorkommen (Beveridge et al. 2013; Kawarazuka und Béné 2011; WOR2 2013). Nahrungsmittelvielfalt und -zugänglichkeit sind wichtige Komponenten im Kampf gegen Hunger und Mangelernährung: Große Armut korreliert stark mit der Aufnahme von zu vielen Grundnahrungsmitteln und zu wenig Proteinen, Fetten und Spurenelementen.

In den Küstenregionen der Entwicklungsländer ist Fisch oft die einzig bezahlbare und verfügbare Quelle an tierischem Eiweiß. In Ländern wie z. B. Sierra Leone mit einer sehr niedrigen Ernährungssicherheit liegt der Anteil von Fisch an tierischem Eiweiß bei über 50 Prozent. Innerhalb und zwischen den Ländern und Regionen gibt es in Bezug auf konsumierte Menge und Vielfalt pro Kopf und den daraus folgenden Beitrag zur Nährstoffzufuhr deutliche Unterschiede. Im weltweiten Vergleich wird in Afrika und Lateinamerika relativ wenig Fisch konsumiert (ungefähr 10 kg pro Kopf im Jahr), wohingegen der Pro-Kopf-Konsum

in Asien, Nordamerika und Europa mit etwa 22 Kilogramm im Jahr über dem globalen Durchschnitt von 20 Kilogramm liegt. Dies spiegelt die Faktoren wider, die den Fischkonsum beeinflussen: Wie gut ist Fisch verfügbar, wie teuer ist er, gibt es Ernährungstraditionen in Bezug auf Fisch und wie hoch ist der Entwicklungsstand des Landes - generell gilt: Je geringer das Einkommen, desto niedriger der Fischkonsum. „Ernährungstraditionen“ bezieht sich auf den Umstand, dass Länder mit langer Küste und starker Fischereitradition, vielen fischreichen Flüssen oder Inseln, nach wie vor mehr Fisch konsumieren (FAO 2016).

Die WHO empfiehlt im Mittel eine jährliche Aufnahme von 11,7 Kilogramm Fisch pro Person – ca. 32 Gramm pro Tag oder 225 Gramm pro Woche. Im globalen Durchschnitt halten nur Afrika und Lateinamerika diesen Richtwert ein. Weltweit betrachtet aber ist der Fisch auf den Tellern schon heute ungleich verteilt und im globalen Norden wird zu viel Fisch pro Kopf gegessen.

Im Jahr 2013 stellte Fisch weltweit 6,7 Prozent des Gesamteiweiß-Konsums und 17 Prozent des verzehrten tierischen Eiweißes. In den Entwicklungsländern lag dieser Anteil bei 19,6 Prozent und in den LIFDCs sogar bei 24,7 Prozent (siehe Abb. 9). Fisch liefert für 3,1 Milliarden Menschen ein Fünftel und für 4,3 Milliarden Menschen 15 Prozent ihres tierischen Eiweißes (FAO 2016). Manche kleinen Inselstaaten wie Kiribati, Mikronesien und die Malediven sind im Grunde ausschließlich von Fisch als Proteinquelle abhängig (FAO 2016). Rund 34 Kalorien pro Person trägt Fisch zur durchschnittlichen täglichen Ernährung bei. In Ländern mit wenigen alternativen Eiweißquellen und einer hohen Präferenz für Fisch, wie z.B. im Senegal oder den eben genannten Inselstaaten, erreicht die tägliche Kalorienzufuhr durch Fisch 130 Kalorien pro Kopf und mehr (FAO 2016).



Basierend auf diesen Daten könnte man die Bedeutung von Fisch als Eiweiß- und Nährstofflieferant noch deutlich unterschätzen, insbesondere für Länder mit niedriger Ernährungssicherheit und/oder armer Bevölkerung. Dies liegt an

- » den großen Unterschieden innerhalb und zwischen den Ländern, mit von Fisch als Eiweißquelle sehr stark abhängenden kleinen Inseln und Küstenregionen. Sind diese Regionen abgelegen von größeren Märkten, schwer zugänglich und arm, sind kurzfristige Substitutionsmöglichkeiten sehr begrenzt. In diesem Fall ist der Konsum abhängig vom Angebot;
- » den wahrscheinlich unterschätzten Daten zum Konsum. In den offiziellen

Statistiken werden größtenteils die Subsistenz- und mittelständischen Fischereien nicht erfasst (FAO 2014, Pauly 2016). Folglich ist der tatsächliche Fischkonsum in Entwicklungsländern wahrscheinlich höher als angenommen;

- » der ökonomischen Abhängigkeit von Fisch, der als Einkommensquelle in den Küstengebieten der Entwicklungsländer eine wichtige Rolle spielt und Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit hat.

Einen großen Anteil im Ernährungsmuster armer Menschen haben üblicherweise Grundnahrungsmittel wie Mais, Reis und andere Getreide. Der Konsum von Fisch ist daher wichtig, um das unausgewogene Verhältnis von Kalorien und Eiweiß zu korrigieren. Fisch ist dabei meist nicht nur kostengünstiger als anderes tierisches Eiweiß, sondern auch in den lokalen und/oder traditionellen Rezepten verankert. In Ländern wie dem Senegal oder Inseln wie Indonesien bestehen bis zu 40 Prozent des gesamten tierischen Eiweißes aus Fisch (siehe Tabelle 1).

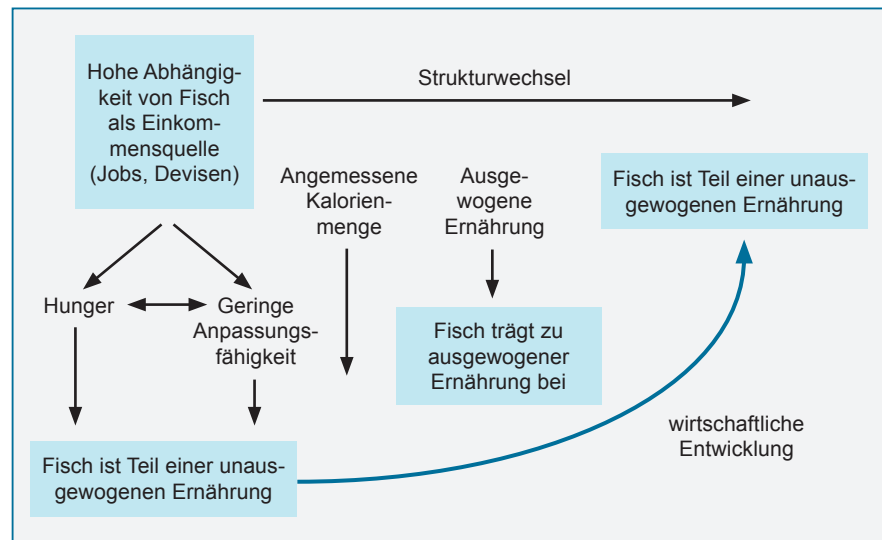
Tab. 1
Bedeutung von Fisch für
die Ernährung in den acht
Fallstudienländern.
Quelle: FAO

	Vorkommen von Unterernährung (% Bevölkerung)	Fischverzehr (kg pro Kopf/Jahr)	Fischanteil an tierischem Protein (in %)
	2013 – 2015	2011	2011
China	9,3	33,5	20,5
Indonesien	7,6	28,9	54,8
Senegal	10,0	23,5	43,7
Südafrika	< 5	5,7	5,2
Peru	7,5	22,7	22,3
Frankreich	< 5	34,8	13,3
Deutschland	< 5	14,2	7,3
USA	< 5	21,7	7,4

In Abb. 10 zeichnen wir ein stilisiertes Bild, das die Rolle von Fisch in der Ernährung im Verhältnis zur ökonomischen Entwicklung verdeutlicht: Während ein sehr niedriges Einkommen tendenziell mit Hunger in Verbindung gebracht wird, führt ein steigendes Einkommen zunächst zu einer angemessenen Verfügbarkeit an Kalorien und in der Folge zu einer ausreichenden hohen Ernährungsqualität. In niedrigen Einkommensschichten (unten links) ist Fisch Teil einer unausgewogenen Ernährung und wird abhängig von der Verfügbarkeit in sehr kleinen oder sehr großen Mengen konsumiert. In den oberen Einkommensschichten (oben rechts) trägt Fisch ebenfalls zu einer unausgewogenen, deutlich zu proteinreichen Ernährung bei. Es zeigt sich, dass ökonomische Entwicklung Hand in Hand geht mit einem Strukturwandel, infolgedessen der Beschäftigtenanteil in der Fischerei mit wachsender Entwicklung sinkt. Ein großer Anteil der Bevölkerung in Niedriglohnländern kann von Fisch als Nahrungs- oder Einkommensquelle abhängig sein und muss gleichzeitig einen hohen Einkommensanteil für Lebensmittel aufwenden.

In absoluten Zahlen ist die Zufuhr von tierischem Eiweiß in Entwicklungsländern niedriger als in entwickelten Ländern. Es ist vor allem der Faktor „Aufholen der Entwicklungsländer“, der den Anteil von tierischem Protein weltweit stark anwachsen lässt, insbesondere in Afrika und Asien. Wir haben die Zufuhr von tierischem Eiweiß nach Fisch und Fleisch unterschieden. Dann wird deutlich, dass der Beitrag von Fisch zur Versorgung mit tierischem Eiweiß seit 1990 leicht gesunken ist – zugunsten anderer tierischer Proteinquellen.

Abb. 10
Die Bedeutung von Fisch in der Ernährung im Verhältnis zur wirtschaftlichen Entwicklung eines Landes oder einer Bevölkerung.
Quelle: Eigene Darstellung

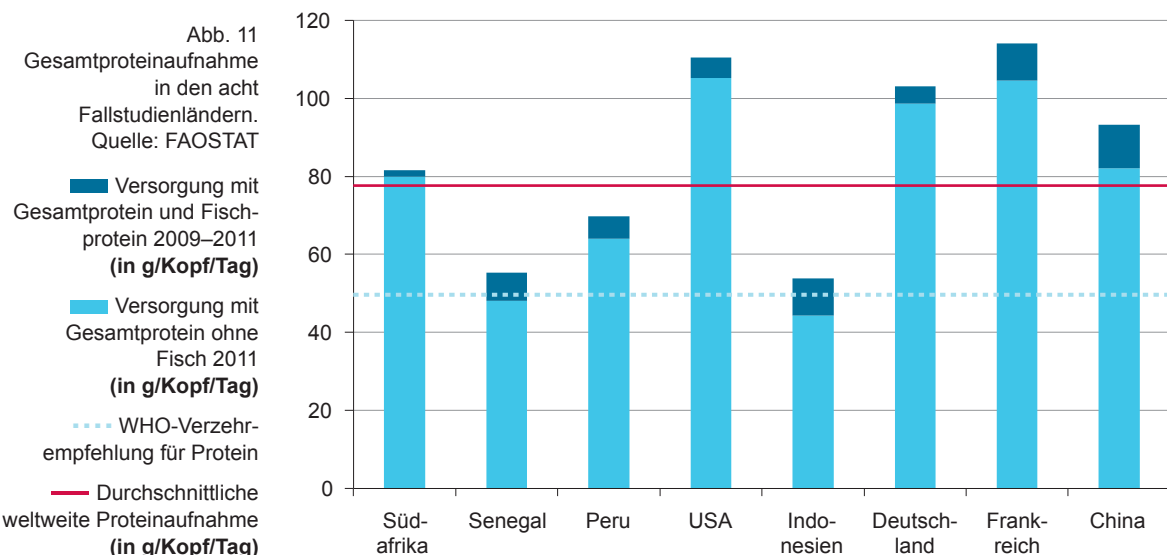


In armen Ländern, in denen Fisch aus Tradition gegessen wird, führt ein steigendes Einkommen zu höherem Fleischkonsum und zum Verzehr von höherwertigen Fischarten. Die pelagischen Fische werden durch die bodenlebenden Arten ersetzt. Es überrascht daher nicht, dass der Konsum von Fisch aus Aquakultur rasant ansteigt. Zwischen 1990 und 2012 verlief der Fischkonsum aus Wildfang beinahe konstant, während sich der Konsum von Fisch aus Aquakultur verfünffachte. Im Jahr 2015 kam die Hälfte des für die menschliche Ernährung produzierten Fisches aus Aquakultur, verglichen mit nur 5 Prozent im Jahr 1962 und 37 Prozent im Jahr 2002 (FAO 2015).

Es gibt durchschnittlich ausreichend Lebensmittel, um alle Menschen auf der Erde zu versorgen und Hunger erscheint als eine Verteilungsfunktion dieser Lebensmittel. Das weltweite durchschnittliche Angebot an Eiweiß lässt den Schluss zu, dass es aktuell keine Proteinlücke gibt.

Die globale durchschnittliche Versorgung mit Eiweiß lag im Jahr 2011 bei 79 Gramm pro Kopf und Tag, während der durchschnittliche Proteinbedarf bei

Abb. 11
Gesamtproteinaufnahme in den acht Fallstudienländern.
Quelle: FAOSTAT



49,6 Gramm pro Kopf am Tag lag. Letzteres wurde aus den empfohlenen 0,8 Gramm pro Kilogramm Körpergewicht und den 62 Kilogramm durchschnittlichen Gewichts einer Person in 2011 berechnet. Abb. 11 zeigt die Eiweißversorgung in den acht Fallstudienländern. Die Höhe jeder Säule beschreibt das Gesamtangebot an Eiweiß, unterteilt in dunkelblaue Bereiche für Fisch und hellblaue Bereiche für andere Proteine. Basierend auf diesen Daten waren alle Länder außer Liberia, Guinea-Bissau, Mozambique, Haiti und Madagaskar im Jahr 2011 ausreichend mit Proteinen versorgt. Nichtsdestotrotz ist die Verteilung zwischen und innerhalb der Länder höchst ungleich.

2.3 Ernährungssicherheit und Fisch

Unterernährung ist eines der größten Probleme weltweit. Mehr als ein Drittel der Kindersterblichkeit passiert aufgrund von Mangelernährung und jeder siebte Mensch gilt derzeit als unterernährt. Dies wird besonders in den vielen Entwicklungsländern offenbar, wo der Großteil der unterernährten Menschen in ländlichen Gegenden lebt (siehe Tabelle 1). Die meisten unterernährten Menschen leben in Südasien, dicht gefolgt von Afrika südlich der Sahara und Ostasien.

Zusätzlich zur Verbreitung von Unterernährung ziehen Wissenschaftler oftmals weitere Indikatoren heran, um die Lage der Ernährungssicherheit eines Landes zu messen, z. B. Unterentwicklung, gemessen in Größe zu Alter, oder Auszehrung, gemessen in Gewicht zu Alter. Ein verbreiteter multidimensionaler Index ist der Global Hunger Index (GHI). Um der multidimensionalen Natur von Hunger gerecht zu werden, kombiniert der GHI die folgenden vier Hinweise in einem Index:

- » 1/3 für Unterernährung: Anteil unterernährter Menschen als Prozentsatz der Bevölkerung, um den Anteil der Bevölkerung mit unzureichender Kalorienzufuhr darzustellen.
- » 1/6 für kindliche Auszehrung: Anteil der Kindern unter fünf Jahren, die an Auszehrung leiden, also ein zu geringes Gewicht im Verhältnis zu ihrer Größe haben, ein akutes Signal für Unterernährung.
- » 1/6 für kindliche Unterentwicklung: Anteil an Kindern unter fünf Jahren, die an Unterentwicklung leiden, also im Verhältnis zum Alter zu klein sind, ein chronisches Signal für Unterernährung.
- » 1/3 für Kindersterblichkeit: die Sterblichkeitsrate von Kindern unter fünf Jahren, die teilweise das fatale Zusammenwirken von Mangelernährung und ungesunden Lebensumständen widerspiegelt.⁵

Dieser Index betont die Ernährungssituation von Kindern, die einen besonders empfindlichen Teil der Bevölkerung darstellen und für die der Mangel an Nahrungsenergie, an Proteinen oder an Spurenelementen (sprich essenzielle Vitamine und Mineralien) zu einem hohen Krankheitsrisiko, einer schlechten physischen und kognitiven Entwicklung oder sogar zum Tod führen kann. Der Index kombiniert zusätzlich unabhängig gemessene Hinweise, um die Auswirkungen von Messfehlern zu reduzieren (Quelle: GHI 2015).

Der GHI (siehe Tab. 2) teilt die Länder entsprechend der Schwere des Hungers ein in niedrig (Werte <10), moderat (Werte von 10–20), ernstzunehmend (20–35), alarmierend (35–50) und besonders alarmierend (>50). Von unseren Fallstudienländern fallen **Senegal** und **Indonesien** in die ernstzunehmende Kategorie, Südafrika liegt im moderaten Bereich und alle anderen in der niedri-

gen Kategorie. Für Deutschland, Frankreich und die USA wird der Index nicht berechnet, da sie insgesamt als ernährungssicher gelten.

Tab. 2
(Multidimensionaler) Welt-
hungerindex 1995 bis 2015
für die Fallstudienländer.
Quellen: Welthungerhilfe
(WHH), International Food
Policy Research Institute
(IFPRI) und Concern
Worldwide 2015

	1995	2005	2015
	Daten von		
	1993–1997	2003–2007	2010–2016
China	23,2	13,2	8,6
Indonesien	32,5	26,5	22,1
Senegal	36,9	28,5	23,2
Südafrika	16,5	21,0	12,4
Peru	25,0	18,8	9,1

Fazit

- » Die Relevanz von Fisch für die Ernährungssicherheit zeigt sich in seinem Wert als Quelle für Eiweiß und Spurenelemente.
- » Arme Menschen konsumieren grundsätzlich zu wenig Spurenelemente und zu wenig Eiweiß.
- » Global gesehen gibt es keine Proteinlücke.

2.4 Fischabhängigkeit

Hier verknüpfen wir die länderspezifische Situation der Ernährungs(un)sicherheit und der generellen Lage von Gesundheit und Hunger mit dem Wert von Fisch und Fischerei für die Sozioökonomien und die Lebensgrundlagen, um so die Abhängigkeit der Länder von Fisch zu beschreiben.

Die folgenden Faktoren bestimmen die Abhängigkeit von Fisch in Bezug auf Lebensmittel und Ernährung:

- » **Fisch als Lebensmittel, als Kalorien-Quelle.** Dies ist vor allem für Länder relevant, die ernährungsunsicher sind und einen hohen Fischverbrauch haben (wie z. B. Senegal).
- » **Fisch als Quelle für Proteine und Spurenelemente.** Dies ist insbesondere für Länder relevant, in denen der Eiweißanteil von Fisch an der Ernährung entweder sehr hoch oder sehr niedrig ist. Außerdem ist es für fast alle armen Länder mit unausgewogener Ernährung relevant, in denen zu viel Grundnahrungsmittel und zu wenig Spurenelemente gegessen werden (z. B. Senegal, Indonesien). Fischereien und der Aquakultursektor spielen eine besonders wichtige Rolle, wenn es um abwechslungsreiche und gesunde Ernährung geht. Auch wenn der durchschnittliche Fischkonsum niedrig ist, können schon kleine Mengen an Fisch eine erhebliche positive ernährungsphysiologische Wirkung haben. Der Mangel an Spurenelementen⁶ beeinflusst Hunderte Millionen Menschen in den Entwicklungsländern, insbesondere Frauen und Kinder. Weltweit sehen sich mehr als 250 Millionen Kinder dem Risiko eines Vitamin-A-Mangels ausgesetzt, was zu Erblindung führen kann. Über 30 Prozent der Weltbevölkerung haben einen Eisenmangel, 200 Millio-

nen Menschen haben Kröpfe, rund 20 Millionen haben Lernschwierigkeiten aufgrund eines Jodmangels und 800.000 Todesfälle von Kindern pro Jahr werden einem Zinkmangel zugeschrieben.

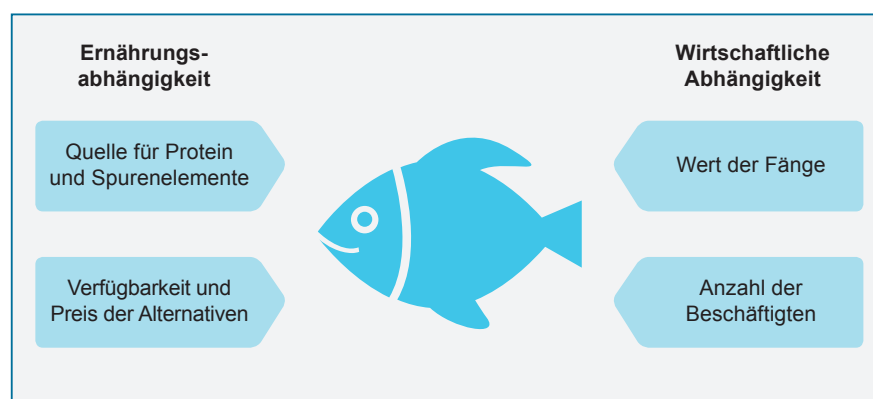
» **Fisch als Einkommensquelle, um (gesunde) Lebensmittel zu kaufen.**

Dies ist insbesondere in Ländern mit einer hohen Armutsquote relevant und überall dort, wo insbesondere die im Fischereisektor arbeitende Bevölkerung verhältnismäßig arm ist. Wenn sie ihren Arbeitsplatz verliert, steigt die Armut, was ihre Ernährung auf zwei Arten beeinflusst: Hunger und sinkende Qualität der Ernährung. Geldmangel führt zunächst zu einer weniger ausgewogenen Ernährung, mit der Tendenz, weniger Fisch und Fleisch zu essen und dadurch weniger Eiweiß, Spurenelemente und im schlechtesten Fall zu wenige Kalorien aufzunehmen. Die Schwere dieses Effekts hängt davon ab, wie stark ausgeprägt die sozialen Sicherungssysteme sind. Wenn z. B. der Senegal den Fischfang komplett einstellte, würde das die Lebensgrundlage der Fischer schwer beeinträchtigen. Zumindest kurzfristig würde sich Hunger ausbreiten. Es ist das übliche Problem: Global gesehen ist genug vorhanden, aber es ist höchst ungleich verteilt.⁷

Fisch trägt zur Ernährungssicherheit von wirtschaftsschwachen Haushalten in Entwicklungsländern auf verschiedenen Wegen bei. Zum einen über den Fischkonsum, der nicht nur die Kalorienzufuhr, sondern darüber hinaus die Aufnahme von Eiweiß, Spurenelementen und Omega-3-Ölen sichert, und zum anderen über das Einkommen, in dem die Fischindustrie die Erwerbstätigkeit sichert und zu einem höheren Gesamtkonsum von Nahrungsmitteln in armen Ländern beiträgt (siehe Abb. 12). Fischverarbeitung, -vermarktung sowie die mittelständische Aquakulturproduktion bieten vor allem für Frauen durch die direkte Beteiligung an den Prozessen eine Möglichkeit zur Existenzsicherung. Insbesondere in Ländern, in denen ein hoher Anteil der Bevölkerung von der Fischerei abhängig ist (wie z. B. im Senegal), würden sich im Falle eines schrumpfenden Fischsektors Hunger und politische Instabilitäten ausbreiten.

Nach Schätzungen der FAO sind zwischen 660 und 820 Millionen Menschen direkt oder indirekt von Fischerei und Aquakultur abhängig. Die FAO schätzt alleine die Anzahl an Fischern auf 54 Millionen, von denen 87 Prozent in Asien leben. In den Entwicklungsländern arbeitet der Großteil von ihnen in mittelständischen Fischereien mit einer niedrigen Fischproduktion pro Person: durchschnittlich 1,5 Tonnen im Jahr, im Vergleich zu 25 Tonnen pro Fischer und Jahr in Europa (FAO 2014).

Abb. 12
Wichtigste Faktoren der
Fischabhängigkeit.
Quelle: Eigene Darstellung



2.5 Fischabhängigkeits-Index

Unser Fischabhängigkeits-Index misst die Höhe der Abhängigkeit von Fisch als Einkommens- und Nahrungsquelle, insbesondere für Eiweiß. Er basiert auf der Zusammensetzung folgender Faktoren:

- » Nahrungsmittelsicherheit: Verbreitung von Unterernährung für 2011 bis 2013 in Prozent der Bevölkerung, Daten von der FAO;
- » Fischkonsum: Anteil von Fisch an der gesamten Zufuhr tierischen Eiweißes in Prozent für 2011, Daten von der FAO;
- » Fangmenge pro Kopf für 2011, Daten von FAOfishstat;
- » Bruttoinlandsprodukt für 2011, als Stellvertreter für die Substitutionskapazität (Daten von der Weltbank).⁸

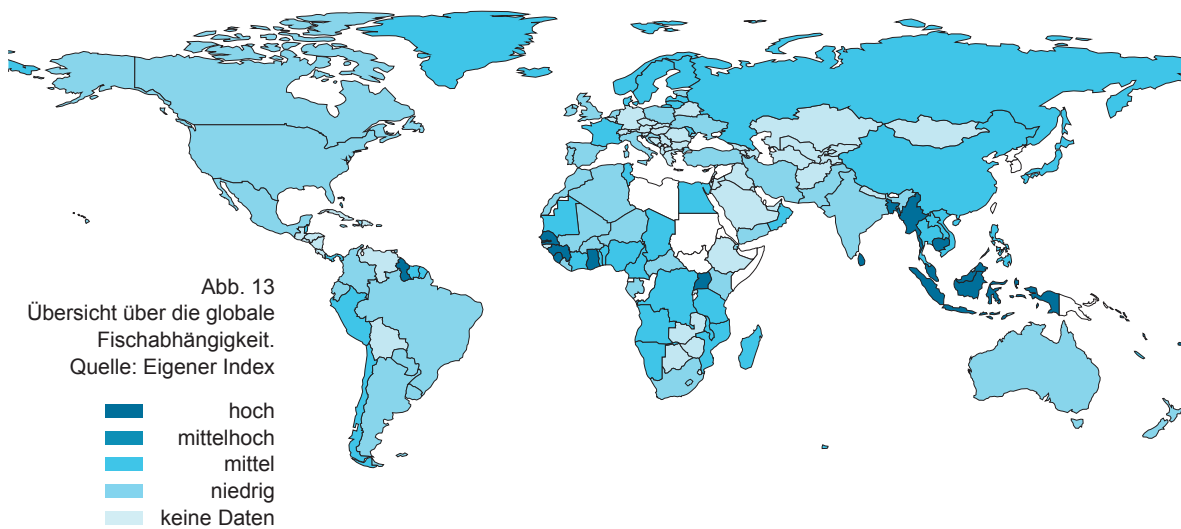
Der Index misst die kurzfristige Abhängigkeit. Langfristig müssten Kompensationsmöglichkeiten durch neue Industriezweige, wie den Aufbau einer Aquakulturindustrie und neue, auch pflanzenbasierte Eiweißquellen miteinbezogen werden.

Der Index hat einige Ähnlichkeit mit dem von Allison et al. (2009a,b) entwickelten und in Badjeck et al. (2013) verwendeten Index. Der größte Unterschied sind die in unserem Index verwendeten aktuelleren Daten und der stärkere Fokus auf Fisch als Lebensmittel. Die Verwendung von aktuelleren Daten (von 2011) ist möglich, weil unser Index aus weniger Komponenten besteht. Die Ergebnisse beider Indizes sind in den meisten Fällen sehr ähnlich.

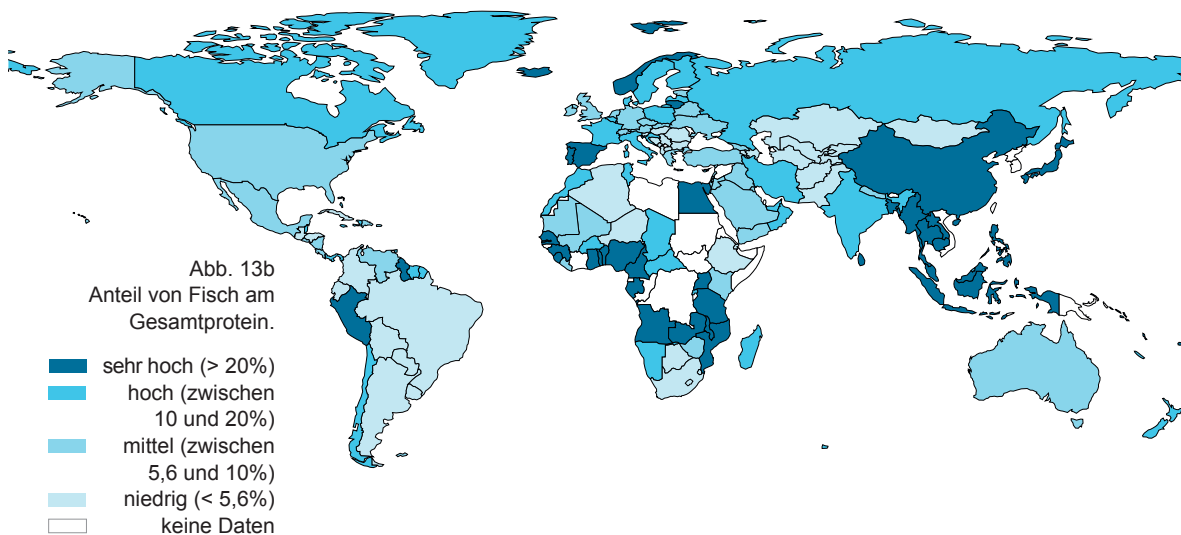
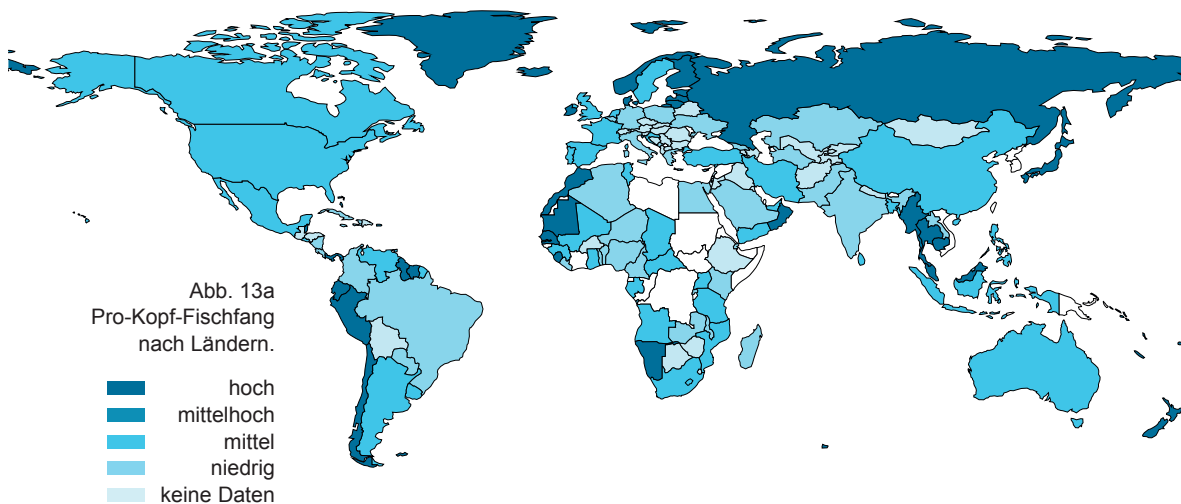
Fisch als ein Teil des tierischen Eiweißes in der Nahrung und die Fischfangmengen als Stellvertreter für die ökonomische Relevanz sind die beiden wichtigen und treibenden Faktoren und werden gleich gewichtet. Das BIP pro Kopf (in USD) und die Ernährungssicherheit (als Verbreitung von Unterernährung) stellen mildernde Faktoren dar. Ein höheres Einkommen reduziert die durch ein hohes Level der beiden Hauptfaktoren entstandene Abhängigkeit aufgrund von Kompensationseffekten. Das bedeutet, dass ein höheres Einkommen die Möglichkeiten verbessert, den Verlust des Arbeitsplatzes zu kompensieren oder z. B. durch Importe Fisch als Nahrungsmittel zu ersetzen. Eine hohe Ernährungssicherheit verringert die schädigenden Effekte, wenn Fisch als Nahrungsquelle verloren geht.

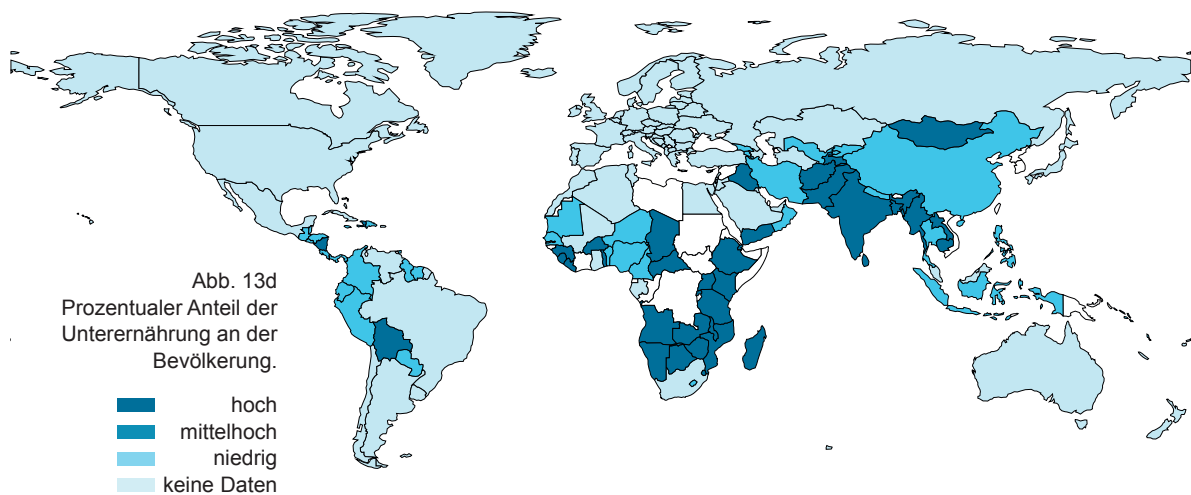
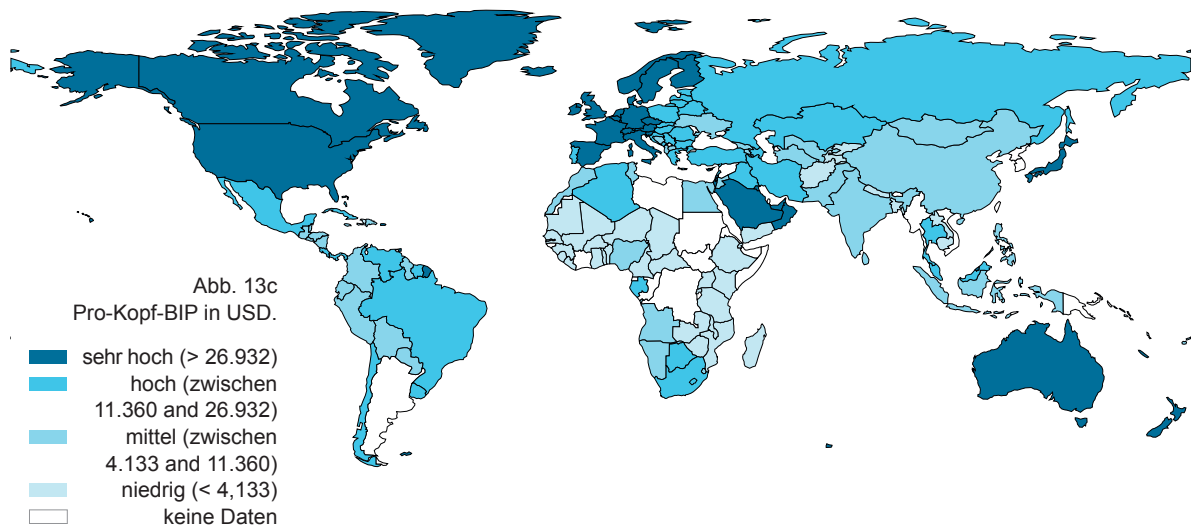
Abb. 13 zeigt die weltweite Verteilung von Abhängigkeit von Fisch. Asiatische Inselstaaten und westafrikanische Küstenländer zeigen die höchste Abhängigkeit von Fisch, die in Europa vergleichsweise niedrig ist. Abb. 13a–d zeigen, wie sich die Faktoren einzeln auswirken: a) Fang pro Kopf, b) Anteil von Fisch am Gesamtkonsum tierischen Eiweißes, c) Pro-Kopf-BIP und d) Anteil an Unterernährung.

Der Index verdeutlicht, dass Länder mit einem hohen Anteil von Fisch in der Ernährung besonders stark von Fisch abhängig sind (siehe Tab. 3, S. 33). Noch wichtiger ist, dass diese Länder normalerweise eine große Fischereiindustrie besitzen und weder wohlhabende, noch besonders ernährungssichere Länder sind. Gleichzeitig ist der Anteil Fischeiweiß in ernährungssicheren Ländern mit hohem Einkommen relativ gesehen niedriger. Dennoch gehen Armut und Fischabhängigkeit nicht notwendigerweise Hand in Hand (siehe Tab. 3, S. 33): Zu den ärmsten Ländern der Welt gehören mit Äthiopien oder der Zentralafrikanischen Republik Länder ohne Meereszugang.



Diese Weltkarte ist die Auswertung folgender kombinierter Faktoren:





Tab. 3
Fischabhängigkeit der acht
ärmsten Länder der Erde
und der acht Länder mit
dem höchsten Fischanteil
am tierischen Eiweiß in
ihrer Nahrung.
Quelle: Eigene Darstellung

Die acht weltweit ärmsten Länder	Fischab- hängigkeit
Liberia	mittel
Malawi	hoch
Niger	gering
Zentralafrikanische Rep.	mittel
Mozambique	hoch
Äthiopien	gering
Guinea	sehr hoch
Togo	hoch

Die acht Länder mit dem höchsten Fischanteil am tierischen Eiweiß	Fischab- hängigkeit
Sri Lanka	sehr hoch
Bangladesch	sehr hoch
Solomon-Inseln	sehr hoch
Kiribati	sehr hoch
Mikronesien	sehr hoch
Kambodscha	sehr hoch
Sierra Leone	sehr hoch
Malediven	sehr hoch

Tab. 4
Fischabhängigkeit der acht
Fallstudienländer.
Quelle: Eigener Index

	BIP pro Kopf (USD)	Vorkommen von Unterernährung (% Bevölkerung)	Fischanteil an tierischem Protein (%)	Fang/Kopf (Tonnen)	Fisch- abhängigkeit
	2011	2011-13	2011	2011	
Südafrika	12.291	< 5	5,02	0,01	mittel
Senegal	2.163	10,0	43,7	0,03	sehr hoch
Peru	10.429	7,5	22,3	0,28	hoch
Vereinigte Staaten	49.804	< 5	7,4	0,02	mittel
Indonesien	8.438	7,6	54,8	0,02	sehr hoch
Deutschland	42.080	< 5	7,3	0,00	niedrig
Frankreich	37.325	< 5	13,3	0,01	hoch
China	10.286	9,3	20,6	0,01	hoch

Deutschland mit seiner niedrigen Fangmenge pro Kopf, einem geringen Anteil von Fischeiweiß an der Gesamtproteinaufnahme sowie einem hohen Einkommen und hoher Ernährungssicherheit weist eine sehr geringe Fischabhängigkeit auf. Südafrika und die Vereinigten Staaten hingegen, beide ebenfalls nicht besonders abhängig von Fisch, fangen sehr viel Fisch bei niedrigem Konsum (Tab. 4). Unter den Fallstudienländern sind auch Senegal und Indonesien, wo viele Menschen in der Fischerei arbeiten, Fisch ein wesentlicher Teil der Ernährung ist und die Ernährungssicherheit relativ niedrig ist.

Senegal ist demnach besonders abhängig von Fisch. Gleichzeitig ist der Senegal ein Beispiel für die Komplexität, die in dieser Aussage steckt:⁹ Basierend auf FAO-Schätzungen sind dort ca. eine Million Menschen direkt oder indirekt von Fisch abhängig. Fisch stellt 44 Prozent der Zufuhr von tierischem Eiweiß, aber nur 12 Prozent des gesamten Proteins. Wird die WHO-Empfehlung von 11,7 Kilogramm Fisch pro Person und Jahr als Referenz zugrunde gelegt, würde im Senegal mit einem durchschnittlichen Pro-Kopf-Verzehr von 24 Kilogramm Fisch im Jahr „zu viel“ Fisch konsumiert. Auch die Verfügbarkeit von Eiweiß liegt mit täglich 60 Gramm pro Kopf über dem benötigten Wert (Empfehlung: 49 Gramm). Somit gäbe es bei einem moderaten Rückgang der Fischzufuhr keine Eiweißlücke im Senegal. Dennoch sind 10 Prozent der Bevölkerung unterernährt und in ländlichen Küstenregionen ist die Fischerei die Haupteinkommensquelle (Thiao et al. 2012). Auch wenn die Eiweißversorgung ausreichend wäre, würde ein Schrumpfen des Fischereisektors sehr wahrscheinlich Armut und Hunger wachsen lassen (Lam et al. 2012).

Fazit

- » Armut und Abhängigkeit von Fisch gehen nicht notwendigerweise Hand in Hand.
- » Arme Länder mit einem vergleichsweise großen Fischereisektor sind in hohem Maß gefährdet, ernährungsunsicher zu werden, wenn sie Fisch als Einkommensquelle einbüßen.

2.6 Fischnachfrage und Fischangebot

Die Nachfrage nach und das Angebot von Fisch variieren sehr stark zwischen den Regionen. Wir wollen wissen, welche Teile der Welt jetzt und in Zukunft ihren Bedarf durch eigene Produktion decken können und welche Regionen von Importen abhängen werden, um ihre Nachfrage zu stillen. Zunächst ermitteln wir, ob

die Anlandungen im Jahr 2010 in den LMEs den lokalen Fischbedarf der Bevölkerung in den jeweils angrenzenden Ländern decken konnten. Wir verwenden dafür die Bevölkerungs- und Fangdaten von 64 LMEs. Aus diesen 64 Gebieten stammen bis zu 95 Prozent des jährlichen globalen Fischfangs (Sherman et al. 2009). Für das regionale, teilweise multinationale Management bergen sie ganz besondere Herausforderungen. Wir griffen dafür auf die Daten des „Sea Around Us“-Projektes der Universität Vancouver zurück (SeaAroundUs-Datenbank).

Die in Abb. 14 dargestellten Regionen beziehen sich auf die LMEs¹⁰. Die Bevölkerungsdaten der Länder für das Jahr 2010 stammen aus dem „IPCC SSP Szenario 1“¹¹. Der Fischkonsum pro Kopf und Land kommt hinzu und stammt aus der FAOSTAT-Datenbank.

(Wichtig: Der Fischkonsum nach FAO umfasst alle Arten an Fischen und Meeresfrüchten, auch aus Aquakultur und Binnenfischerei, während die Fänge nach SeaAroundUs nur Meeresfische und -früchte berücksichtigen. Die Hochseefischerei wird in unserem Modell nicht berücksichtigt. Küstenferne Länder werden nicht miteinbezogen.)

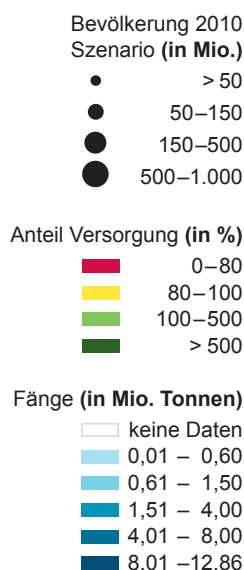
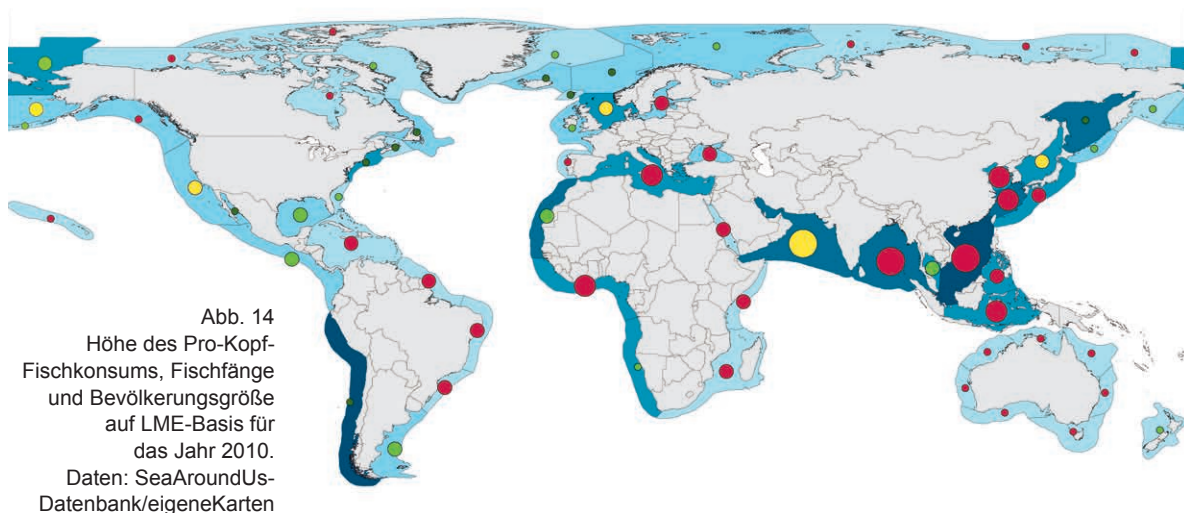


Abb. 14 zeigt die Unterschiede im Potenzial der LMEs, den lokalen Fischbedarf über lokale Anlandungen zu decken. Rot oder gelb eingefärbt sind LMEs, in denen die Anlandungen nicht ausreichen, um den lokalen Bedarf zu decken (rot: Deckung zwischen 0 und 80 Prozent, gelb: Deckung zwischen 80 und 100 Prozent). In Hellgrün erscheinen die LMEs, in denen die Anlandungen mehr als ausreichend sind, um die Nachfrage zu decken (Deckung zwischen 100 und 500 Prozent). Eine Deckung des Bedarfs von über 500 Prozent zeigt eine Überversorgung an (= das LME kann weit mehr, als den lokalen Bedarf decken) und ist in Dunkelgrün markiert.

Die Auswertung zeigt deutliche Unterschiede: In arktischen Gewässern wie der kanadischen Hocharktis, in Nordgrönland oder der Beaufortsee sowie im pazifisch-hawaiianischen LME deckt die Fischproduktion unter 1 Prozent des lokalen Bedarfs, während das Schottische, das Neufundländische sowie das Isländische Schelf, das Isländische Meer und das Färöer Plateau mit einer massiven Überproduktion hervorstechen und teilweise mehr als das Zehnfache des lokalen Bedarfs liefern.

In insgesamt neun Meeresregionen sind die Anlandungen wesentlich höher als der lokale Bedarf. Die nordöstliche Küste Nordamerikas und die nordwestliche Küste Europas inklusive Island und dem Färöer Plateau sind geprägt durch hohe Fangzahlen im Verhältnis zum lokalen Konsum. Weitere 16 LMEs haben Anlandungen, die den lokalen Bedarf ausreichend decken.

In 39 LMEs decken die Anlandungen den lokalen Bedarf nicht ab. Von diesen 39 LMEs haben 34 eine Deckung von unter 80 Prozent, bei 21 LMEs liegt sie sogar unter 50 Prozent. Die schwächsten LMEs sind die Gegenden nördlich von Kanada und Russland. Um Australien herum schaffen die LMEs, zumindest die Hälfte der lokalen Nachfrage abzudecken.

Betrachtet man alle Meeresregionen, so liegt das Verhältnis von Anlandungen zu lokalem Bedarf – gemessen am tatsächlichen Fischkonsum in 2010 – bei 82 Prozent. Das bedeutet, vier Fünftel des Fischkonsums in allen LMEs können durch die Meeresfischerei gedeckt werden, der Gesamtbedarf wird aber über die Wildfänge offenbar nicht gedeckt. Wie bereits erwähnt, beinhalten diese Fänge keine Aquakultur, Binnen- oder Hochseefischerei. Die verbliebenen 18 Prozent müssen also über diese Fischereisektoren gedeckt werden.

Eine ähnliche Berechnung, die die WHO-Empfehlung für den jährlichen Fischkonsum von 11,7 Kilogramm pro Kopf zugrunde legt (und nicht den tatsächlichen Fischkonsum von 2010), ergab ein Verhältnis von Anlandungen zu lokalem Bedarf von 144 Prozent für alle Meeresregionen. Das zeigt, dass gemessen am WHO-Maßstab die Fänge aus den LMEs ausreichend waren, um die Grundversorgung mit Fisch zu decken. Dennoch ist eine Umverteilung der Ressourcen erforderlich: In diesem Szenario stehen 39 unterversorgte Meeresregionen lediglich neun überversorgten LMEs gegenüber.

Insgesamt scheinen die Meeresregionen mit mehreren Anrainern (wie z. B. Mittelmeer, Karibische See oder Ostsee) den Bedarf weniger gut decken zu können, wohingegen LMEs mit nur einem oder wenigen Anrainern besser abschneiden. Zudem können generell die LMEs im Nordatlantik und Ostpazifik den lokalen Bedarf besser bedienen. Dies gilt auch für Europa, die Ost- und Westküste der USA und die Westküste Lateinamerikas. Im Gegensatz dazu ist die Fischproduktion in den LMEs rund um Afrika (mit Ausnahme von Nordwestafrika) und entlang der asiatischen sowie Australiens Küsten unzureichend verglichen mit dem Bedarf.

Bezogen auf unsere Fallstudien sind lediglich Indonesien und China mit einer Unterversorgung an Meeresfängen aus ihrer eigenen Meeresregion konfrontiert. Diese beiden Länder sind hingegen sicher in der Lage, solche Lücken durch ihre Aquakulturproduktion auszugleichen.

Fazit

- » Auf Ebene der LMEs unterscheiden sich die Fänge stark.
- » Im Jahr 2010 konnte der Gesamtbedarf an Fisch in etwa 2/3 aller LMEs nicht durch die lokalen Meeresfänge gedeckt werden.
- » Die weltweite Nachfrage nach Fisch kann nur zu 82 Prozent über Meeresfänge gedeckt werden.
- » Eine Überproduktion an Fisch wird vor allem für Meeresregionen im Nordatlantik und Ostpazifik erwartet.

3 Das bioökonomische Modell

Mit Blick auf das Jahr 2050 untersuchen wir zukünftige weltweite Fischfänge und ihre Auswirkungen auf den Fischverbrauch. Der Handel mit Fisch ist ein sehr globalisierter Markt (Smith et al. 2010; Asche et al. 2015). Er verteilt die weltweiten Fänge so, dass sie die Gesamtnachfrage nach Fisch für die menschliche Ernährung und für Futtermittel gleichermaßen abdecken. Generell werden die Fischfänge durch die Fangaktivitäten und die Produktivität der Fischbestände beeinflusst. Daher benötigen wir zur Ermittlung der zukünftigen Fänge ein bio-ökonomisches Modell, das den ökologischen Teil, der die Produktivität der Fischbestände beschreibt, mit dem ökonomischen Teil kombiniert, der die wirtschaftlichen Anreize zur Ausübung der Fischerei und die Verteilung der Fischfänge über die Märkte beschreibt. Die Literatur empfiehlt zudem, der Effizienz des Fischereimanagements auch eine wichtige Funktion zu geben (Costello et al. 2008, Quaas et al. 2016).

Das Modell soll uns die Fragen beantworten, wie sich die Gesamthöhe der Fischfänge unter verschiedenen ökonomischen und Fischereimanagement-Szenarien verändert und wie sich der globale Gesamtfang auf regionale Fänge und regionale Konsummengen verteilt. Die Antworten liefert uns ein verschachtelter Modellansatz („nested modeling approach“). Im Folgenden skizzieren wir diesen Ansatz kurz, weitere Details finden sich im technischen Anhang.¹²

3.1 Der Modellansatz

Die Fragen 1 und 2 werden **mittels eines globalen Modells** adressiert, das unter Verwendung von Lotka-Volterra-Bestandsdynamiken die Räuber- und Beutefischereien auseinander hält. Bei diesem Modellierungsansatz werden biologische Interaktionen berücksichtigt. Das Modell nimmt an, dass eine Veränderung der Biomasse über die Zeit neben dem natürlichen Wachstum des Bestandes auch von der Wechselwirkung zwischen Räuber und Beute sowie von der Fischereitätigkeit abhängt. Der Räuber hat einen negativen Einfluss auf die Biomasse der Beute: Erhöht sich der Bestand an Raubfischen, wird der Bestand an Beutefischen verringert, da sich der Räuber vom Beutefisch ernährt. Erhöht sich allerdings der Beute-Bestand, erhöht sich auch der Bestand der Räuber. Folglich hat der Beute-Bestand einen positiven Einfluss auf den Bestand der Räuber. Sowohl Räuber- als auch Beutearten werden gleichermaßen befischt. Frühere Studien mit vergleichbaren globalen Forschungsansätzen haben die biologischen Wechselwirkungen bislang nicht berücksichtigt und entweder alle Fischarten in ein Überschuss-Produktionsmodell geworfen (World Bank 2009) oder verschiedene, biologisch voneinander unabhängige Bestände betrachtet (Quaas et al. 2016; Costello et al. 2016).

Des Weiteren untersuchen wir die Wechselwirkungen von Räuber- und Beutefischereien auf den Fischmärkten sowie die Wechselwirkung zwischen Fisch und anderen proteinreichen Lebensmitteln mittels eines stilisierten Systems der Konsumentennachfrage, in dem verschiedene Fischarten und andere proteinreiche Nahrungsmittel imperfekte Substitute füreinander sind (Anderson 1985; Quaas und Requate 2013). Neben Räuber- und Beutefischen betrachten wir also auch proteinreiche Lebensmittel, nämlich Bohnen, Eier, Erbsen, Fleisch, Linsen, Mais, Milchprodukte, Nüsse und Reis.

Die Fragen 1 und 3 werden **mittels eines regionalen Modells** besprochen, in welchem jedes LME einen einzigen Fischbestand hat. In diesem Modell lassen

wir die biologischen Wechselwirkungen zwischen den Beständen außer Acht und betrachten ein pauschalisiertes Überproduktionsmodell nach Schaefer für jedes LME unter Berücksichtigung der durch den globalen Fischmarkt verursachten ökonomischen Wechselwirkungen. Folglich **unterscheiden wir hier nicht zwischen Räuber und Beute**, nehmen aber an, dass alle Fische innerhalb einer Meeresregion zu einem Bestand gehören. Die Veränderung der Biomasse über die Zeit hängt vom natürlichen Wachstum des Bestands und der Fischereitätigkeit ab.

Die Fischproduktion wird durch LME-spezifische Nachfrage-Parameter für Fischgüter beeinflusst. Dadurch, dass Fisch ein weltweit gehandeltes Gut ist, wird die Nachfrage in einer Weltregion die Produktion in einer anderen Region beeinflussen. Ein höherer Weltmarktpreis macht die Fangtätigkeit attraktiver. In unserem regionalen Nachfragemodell betrachten wir den regionalen Konsum von drei Gütern auf Ebene des LME: einheimisch produzierten Fisch, importierten Fisch und proteinreiche Substitutionsgüter, nämlich Bohnen, Eier, Erbsen, Fleisch, Linsen, Mais, Milchprodukte, Nüsse und Reis.

3.2 Verwendete Daten und Modellparameter

Für die Schätzung der Parameter des bioökonomischen Fischereimodells verwenden wir Daten aus drei Quellen:

- » SeaAround Us (www.seaaroundus.org),
- » FAOStat-Datenbank (<http://faostat3.fao.org/home/E>) und
- » FAO Fisheries und Aquaculture Department's Datenbank FishStatJ (<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>).

Die Daten zu Fängen und Anlandemengen von Fisch stammen von SeaAroundUs. Aus dieser Datenbank verwenden wir Zeitreihen zu Fängen und Anlandemengen von 1950 bis 2010 für die 64 LMEs (siehe Abb. 15).

Die SeaAroundUs-Datenbank enthält differenzierte Daten zu Fängen, Anlandungen und geschätztem Rückwurf für die große und die kleinskalige Fischerei sowie für die Subsistenz- und Freizeitfischerei. Die Datenbank vereint die der FAO gemeldeten und die von SeaAroundUs geschätzten Daten. Für die Schätzung wurden zusätzliche Informationen zu fehlenden Datenpunkten erhoben (Pauly und Zeller 2015). Hauptquellen hierfür waren Internetseiten und Veröffentlichungen der Regierungen, für Fischerei verantwortliche statistische Behörden, internationale Organisationen wie die FAO, der International Council for the Exploration of the Seas (ICES) oder Organisationen für das regionale Fischereimanagement wie die Nordwest-Atlantische Fischereiorganisation (NAFO) sowie wissenschaftliche Veröffentlichungen. Aus diesen Informationen konnten Fixpunkte abgeleitet und für die Interpolierung genutzt werden. Mithilfe linearer Interpolierung zwischen den Fixpunkten wurden die kommerziellen Fänge rekonstruiert. Für nichtkommerzielle Fänge aus Subsistenz- oder Freizeitfischerei wurden entweder Bevölkerungstrends oder Entwicklungen in der Anzahl der Fischer benutzt, um die Interpolationen zu erreichen. Die so rekonstruierten Fangdaten wurden anschließend mit den FAO-Daten für die Anlandungen verknüpft.

Die Fangdaten von SeaAroundUs sind nach Spezies, funktionellen Gruppen und Größen unterteilt. Die Kategorien sind 0–30, 30–89, und >89 Zentimeter durch-

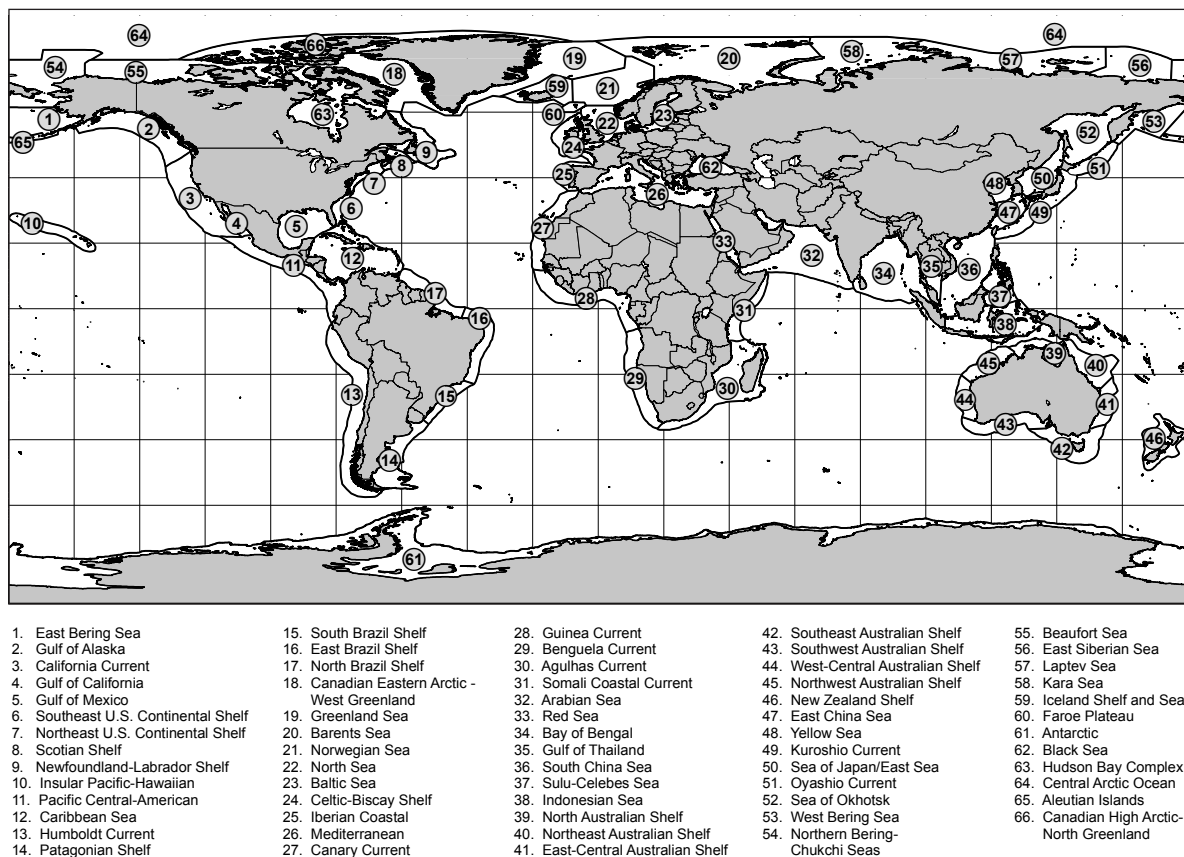


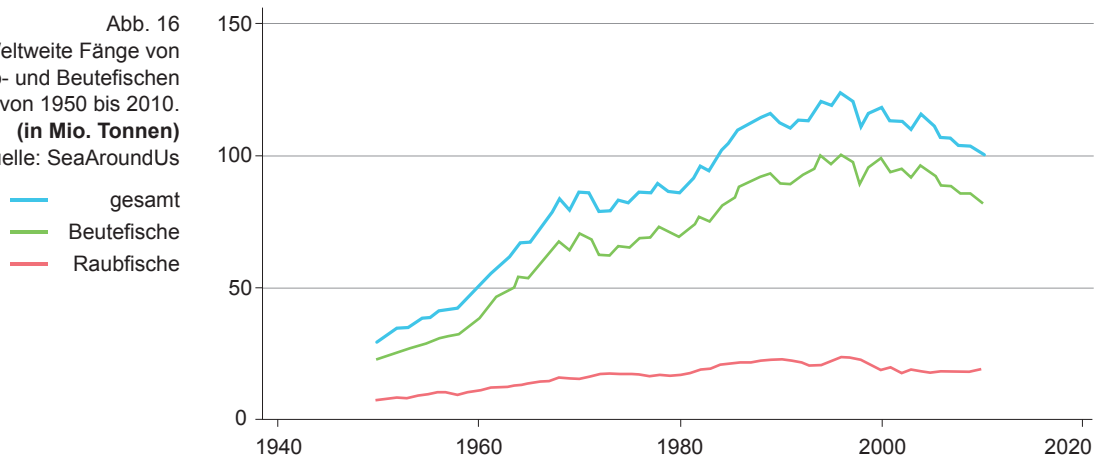
Abb. 15
Die in dieser Studie untersuchten großen marinen Ökosysteme (LMEs).

schnittliche Länge. Mithilfe dieser Einteilung unterscheiden wir in den Fängen nach Raub- und Beutefischen. Wir verwenden einen größenbasierten Ansatz und nehmen an, dass große Fische eher Räuber und kleine Fische eher Beute sind. Konkret nehmen wir an, dass alle Fische >90 Zentimeter Raubfische sind, während alle Fische <90 Zentimeter sowie wirbellose Beutefische sind. Für das globale Räuber-Beute-Modell und das globale Nachfragemodell ziehen wir die Daten pro Jahr über alle 64 LMEs zusammen. Dies führt zu 61 Beobachtungen – je eine pro Jahr von 1950 bis 2010 – für Räuber- und Beutefänge. Für das Fischangebotsmodell auf LME-Ebene verwenden wir Gesamtfänge pro Jahr und aggregieren über alle Größengruppen. Für dieses Modell wird außerdem pro Meeresregion und Jahr aggregiert. Insgesamt enthält unser Datensatz 3.904 Beobachtungen.

Abb. 16 zeigt die Entwicklung der Gesamtfangmenge und der Fänge von Räuber- und Beutefischen von 1950 bis 2010. Die Gesamtfangmenge erreicht 1996 mit 123 Millionen Tonnen ihren Höhenpunkt. Ab diesem Zeitpunkt sinken die Fangmengen. Dies steht im Einklang mit Pauly und Zeller (2016), welche den globalen Höhepunkt der Fangmengen mit 129 Millionen Tonnen ebenfalls für 1996 berechneten. Im Gegensatz dazu beziehen wir jedoch keine Hochseefischerei mit ein, was die Differenz von 6 Millionen Tonnen ausmacht. Darüber hinaus liegen einige kleinere Inselstaaten außerhalb von LMEs und sind nicht in unseren Daten enthalten.

Die Schätzung der biologischen Parameter geschieht unter Verwendung der von Martell und Froese entwickelten „Catch-MSY“-Methode (Martell und Froese 2013). Mit dieser Methode lassen sich die biologischen Parameter wie Biomasse auf Grundlage von Fangdaten schätzen. Dafür werden Zeitreihen zu Fangdaten,

Abb. 16
Weltweite Fänge von
Raub- und Beutefischen
von 1950 bis 2010.
(in Mio. Tonnen)
Quelle: SeaAroundUs



Ausgangsbereiche für die Parameter sowie die mögliche Bestandsgröße zu Beginn und zum Ende des Zeitabschnitts benötigt.

Nachdem die Bestandsgrößen zu Beginn und zum Ende festgelegt wurden, wird ein Parametersatz zufällig aus der vorherigen Parameterverteilung gezogen. Anschließend wird das zugrunde liegende Fischnachfragemodell benutzt, um mit dem gegebenen Parametersatz die mit der Größe des Ertrags korrespondierende Biomasse zu berechnen. Liegt die berechnete Biomasse in einem vernünftigen Rahmen, wird der Parametersatz gespeichert. In unserer Analyse haben wir diese Prozedur 10.000.000 Mal für jedes LME wiederholt. Wir verwenden Proben von 1.000 zufällig ausgewählten Parametern in unseren Modellberechnungen, um die Mittelwerte und Konfidenzintervalle zu berechnen. Somit basieren alle unten aufgeführten Ergebnisse auf Durchschnittswerten und Standardabweichungen, die wir durch jeweils 1.000 separate Modellläufe erhalten haben.

Wir verwenden den oben erwähnten Ansatz von Martell und Froese und kombinieren ihn mit einem Überschuss-Produktionsmodell (nach Schaefer) für die einzelnen LMEs und für einen globalen, aufsummierten Fischbestand. Für das globale Räuber-Beute-Modell erweitern wir den Ansatz von Martell und Froese und bestimmen Parameter für ein Lotka-Volterra-Räuber-Beute-Modell (Hannesson 1983). Jedes Mal werden die zu prüfenden Anfangsparametersätze zufällig aus einer gleichen Verteilung gezogen. Die ökonomische Literatur sagt eine positive Beziehung voraus zwischen der Biomasse des Fischbestands und dem Marktangebot von Fisch und somit eine negative Beziehung zwischen der Biomasse des Fischbestands und dem Fischpreis. Wir verwenden in jedem Modelllauf für einen getesteten Parametersatz¹³ Preisdaten, um zu kontrollieren, ob diese Bedingung erfüllt wird. Biologische Parameter, die diesem Test nicht standhalten, werden verworfen. Andernfalls verwenden wir die Informationen zur Beziehung zwischen Preis und Biomasse des Bestands, um eine Schätzung des ökonomischen Parameters zu erhalten.

3.3 Globale und regionale Nachfragesysteme

Zur Bestimmung des globalen Nachfragesystems verwenden wir die Preise des Erstverkaufs („ex-vessel“-Preise) von SeaAroundUs. Die Daten zu den Anlandewerten werden verwendet, um die Preise zu berechnen. Die ex-vessel-Preise, die zur Berechnung der Anlandewerte benötigt werden, werden wiederum auf zwei

Arten hergeleitet: Zunächst werden die lokalen ex-vessel-Preise in USD umgerechnet. Sie werden mit ex-vessel-Preisen kombiniert, die aus übermittelten Anlande- und Fangmengen berechnet wurden.

Reale Preise werden auf Basis des Verbraucherpreisindex von 2005 (Sumaila et al. 2015) durch Deflationierung berechnet. Im globalen Nachfragemodell verwenden wir diese Preisdaten zur Berechnung der Produktionswerte. Abb. 17 zeigt die Entwicklung der ex-vessel-Preise von Raub- und Beutefischen über die Zeit. Da die Gruppe der Beutefische auch wertvolle Wirbellose wie Garnelen, Hummer oder Seeigel enthält, weicht der Preis der Beutefische nicht stark vom Preis der Raubfische ab.

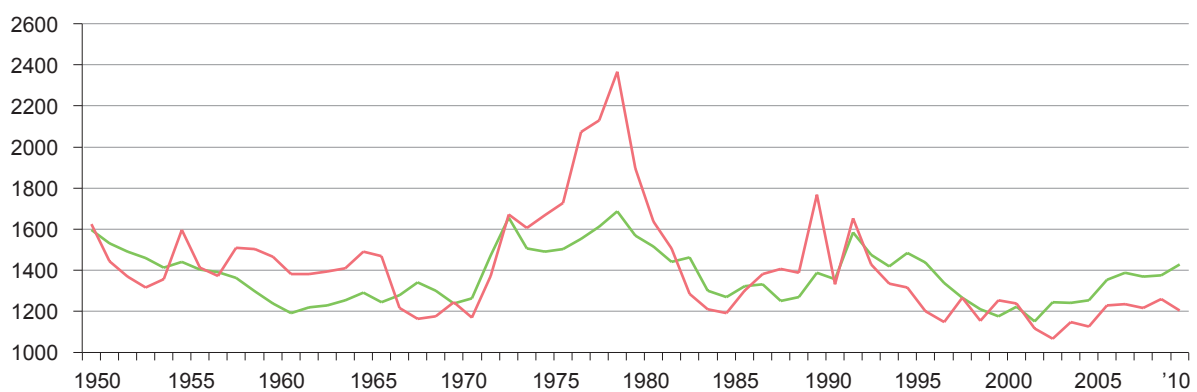


Abb. 17
Globale „ex-vessel“-Preise
für Anlandewerte von
Raub- und Beutefischen
zwischen 1950 und 2010
(in USD/Tonne).
Quelle: SeaAroundUs

— Beutefische
— Raubfische

Zusätzlich zu den Produktionsmengen und Preisen von Fisch sind für das globale Modell Daten zu Gesamtausgaben und Konsum für die drei Güter Raub- und Beutefisch sowie proteinreiche Substitutionsgüter erforderlich. Nationale Gesamtausgaben werden aus Produktions-, Export- und Importwerten, nationaler Konsum aus Produktions-, Export- und Importmengen berechnet.

Daten zu den Substitutionsgütern stammen aus der FAOStat-Datenbank und laufen über eine Zeitreihe von 1961 bis 2013. Die Zusammenstellung der Daten wird durch die Verfügbarkeit von Handels- und Produktionsdaten und sowie durch die Länge der dazugehörigen Zeitreihe limitiert. Daher wurden die folgenden Substitutionsgüter in unserer Analyse berücksichtigt: Bohnen, Eier, Erbsen, Fleisch, Linsen, Mais, Milchprodukte, Nüsse und Reis.¹⁴

Das globale Modell enthält somit Daten zu globaler Gesamtproduktion (Menge in Tonnen), globalen Exportpreisen (pro Tonne in laufenden USD) und globalen Exportwerten (in laufenden USD) für die oben erwähnten Güter.

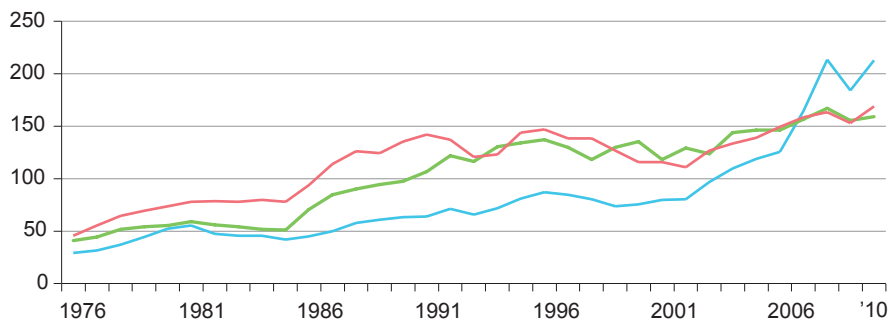
Im Gegensatz dazu benötigen wir für das Nachfragemodell auf LME-Ebene keine Daten für Raub- und Beutefische, dafür jedoch Daten zu inländisch produziertem und importiertem Fisch. Für die Substitutionsgüter werden dieselben Daten wie im globalen Modell verwendet.

Aus der FAO-Datenbank nutzen wir Daten zu nationaler Gesamtproduktion (in Tonnen), Exporten (in Tonnen, Werte in USD) und Importen (in Tonnen, Werte in USD) von 1976 bis 2010. Die Datenbank enthält keine Informationen zu Produktionswerten von Fisch, daher berechnen wir diese Werte aus dem Produkt von Produktionsmengen und Exportpreisen. Export- und Importpreise für Fisch sowie für die Substitutionsgüter berechnen wir, indem wir Export- und Importwerte

durch die zugehörigen Mengen teilen. Sowohl wildgefangener Fisch als auch Fisch aus Aquakultur ist in der FishstatJ-Datenbank enthalten, sodass die berechneten Preise keine Unterscheidung zwischen Wildfang und Aquakultur zulassen.

Nationale Gesamtausgaben werden als die Summe aus Produktions- und Importwerten abzüglich der Exportwerte berechnet, nationaler Konsum als die Summe aus inländischen Produktionsmengen und Importmengen abzüglich der Exportmengen berechnet (siehe Abb. 18).

Abb. 18
Weltweite Ausgaben pro
Jahr für Raubfische,
Beutefische und protein-
reiche Substitutionsgüter
von 1976 bis 2010.
(in Mrd. USD)
Quelle: FishstatJ

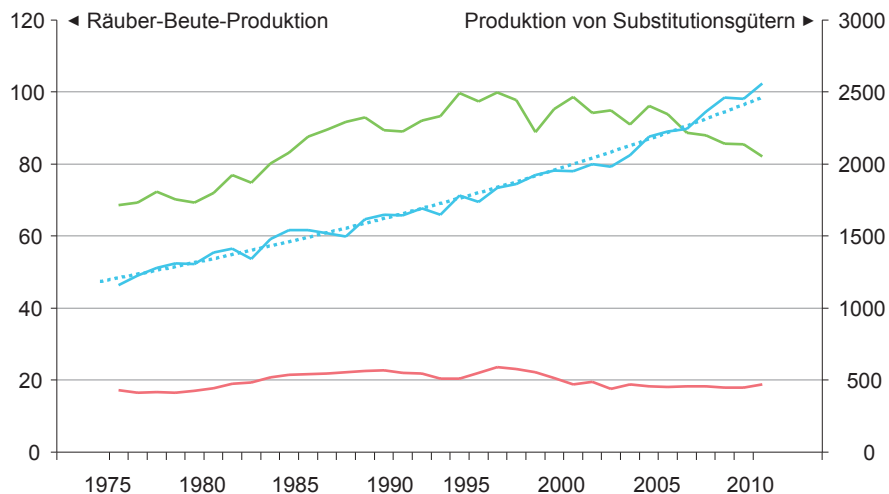


Für das globale Modell gehen wir von einem globalen Konsumenten aus, der hinsichtlich der Konsumgüter klare Präferenzen hat. Des Weiteren nehmen wir an, dass er Fisch lieber durch anderen Fisch substituiert als durch ein anderes Substitutionsgut.

Für die Berechnung der globalen Nachfrage nach a) Raubfischen, b) Beutefischen und c) proteinreichen Substitutionsgütern verwenden wir die folgenden Eingangsdaten auf globaler Ebene: Jährliche Exportpreise, Produktionsmengen, Gesamtausgaben für alle drei Güter sowie einen Parameter, der die oben erwähnten Präferenzen des Konsumenten zum Ausdruck bringt. Anhand dieser Informationen schätzen wir die Nachfrageparameter für jedes Gut und jedes Jahr von 1976 bis 2010. Die Nachfrageparameter geben an, welchen geschätzten Anteil jedes der drei Güter am gesamten Konsum proteinreicher Lebensmittel hat.

Für die Prognose der Fischnachfrage im Jahr 2050 berechnen wir aus der Zeitreihe der Nachfrageparameter den Mittelwert. Zur Vereinbarkeit der Fangdaten

Abb. 19
Weltweite Produktion pro
Jahr von Fischen und
Substitutionsgütern von
1976 bis 2010.
(in Mio. Tonnen)
Daten: FAOSTAT/
SeaAroundUs



auf LME-Ebene von SeaAroundUs mit den länderbasierten Daten der FAO haben wir für das Nachfragemodell den geografischen Anteil jedes Landes an einem LME, basierend auf der räumlichen Überschneidung von Küstengewässern und LME, berechnet.¹⁵

Zur **Schätzung des regionalen Konsums** ist das Zusammenlegen aller Eingangsdaten (nationale Produktionsmengen etc.) auf LME-Ebene erforderlich. Wir nehmen an, dass jedes LME einen repräsentativen Konsumenten hat. Dieser hat Präferenzen bezüglich jedes Gutes, welches er konsumiert. Des Weiteren nehmen wir an, dass der Konsument den Fisch lieber durch eine andere Fischart substituiert als durch ein anderes Gut und dass er zwischen importiertem und inländisch produziertem Fisch unterscheidet.

Für die **Berechnung der regionalen Nachfrage** nach a) importiertem Fisch, b) inländisch produziertem Fisch sowie nach c) proteinreichen Substitutionsgütern verwenden wir die folgenden Eingangsdaten auf globaler Ebene: Jährliche Export- und Importpreise, inländische und importierte Produktionsmengen, Gesamtausgaben für alle drei Güter sowie zwei Parameter, die die oben erwähnten Präferenzen des Konsumenten zum Ausdruck bringen.

Anhand dieser Informationen **schätzen wir die Nachfrageparameter für jedes Gut** und jedes Jahr von 1976 bis 2010. Die Nachfrageparameter geben an, welchen geschätzten Anteil jedes der drei Güter am gesamten Konsum proteinreicher Lebensmittel hat. Für die Prognose der Fischnachfrage im Jahr 2050 berechnen wir aus der Zeitreihe der Nachfrageparameter den Mittelwert pro LME und Gut.¹⁶

3.4 Szenarien: Sozioökonomische Entwicklung und Fischereimanagement

Fischkonsum hängt entscheidend von der Entwicklung der Bevölkerung und vom Einkommen ab, das die Konsumenten in verschiedenen Teilen der Welt für Fisch und andere proteinreiche Lebensmittel aufwenden (können). Im Hinblick auf Einkommens- und Bevölkerungszahlen gründen wir unsere Szenarien auf die Daten zur BIP-Entwicklung aus der Quantifizierung der SSPs des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).¹⁷

Es gibt fünf SSPs, das sind übergreifende sozioökonomische Entwicklungslinien (oder „shared socioeconomic pathways“), die je ein Zukunftsszenario für die weltweite soziale Entwicklung beschreiben. Mithilfe der SSPs beschreibt der IPCC in seinen Szenarien die zukünftige Veränderung des Klimas und der Gesellschaft, um Auswirkungen des Klimawandels sowie Vermeidungs- und Anpassungsmöglichkeiten zu untersuchen (O'Neill et al. 2015). SSP1 beschreibt die „nachhaltige Entwicklung“, wir verwenden es daher als Basisszenario.

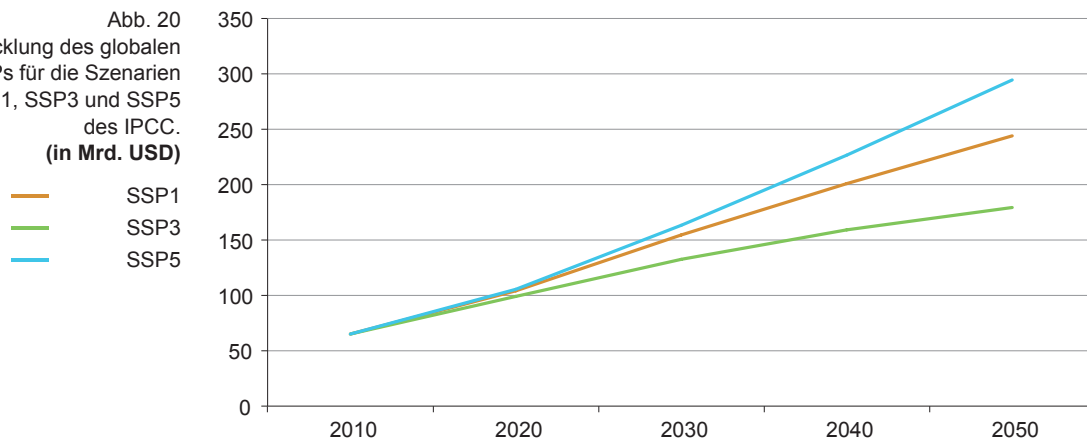
Um die Bandbreite des möglichen zukünftigen Brutto-Inlands-Produkts zu berücksichtigen, verwenden wir außerdem die Szenarien SSP3 (geringste BIP-Entwicklung) und SSP5 (höchste BIP-Entwicklung). Abb. 20 zeigt die Prognose des globalen BIPs in jedem der Szenarien.

Im Basisfall des SSP1 erfolgt ein Anstieg des globalen BIPs um 3,757. Die Einkommenselastizität der Lebensmittelnachfrage ist der Parameter, der entscheidet, welcher Anteil des zusätzlichen Einkommens im Jahr 2050 für Lebensmittel

ausgegeben wird. Die Bewertung von Cireira und Masset (2010) weist darauf hin, dass die Einkommenselastizität von Fisch bei nahe eins liegt, der beste Schätzwert für die Einkommenselastizität der Lebensmittelnachfrage aber 0,48 ist.

Für den Basisfall nehmen wir an, dass sich die globalen Ausgaben für Fisch und andere proteinreiche Nahrung um den Faktor $0,48 \times 3,757$ erhöhen. Zusätzlich berücksichtigen wir ein sehr konservatives Szenario (SSP3) mit einem Anstieg der Nahrungsmittelausgaben um den Faktor $0,48 \times 2,758$ ohne jeden weiteren Fortschritt in der Fangtechnologie; sowie ein „high-pressure“-Szenario (SSP5) mit einem Zuwachs der globalen Lebensmittelnachfrage um den Faktor 4,534 und einer Einkommenselastizität von eins, die auch für Fisch anwendbar ist (Cireira und Masset 2010).

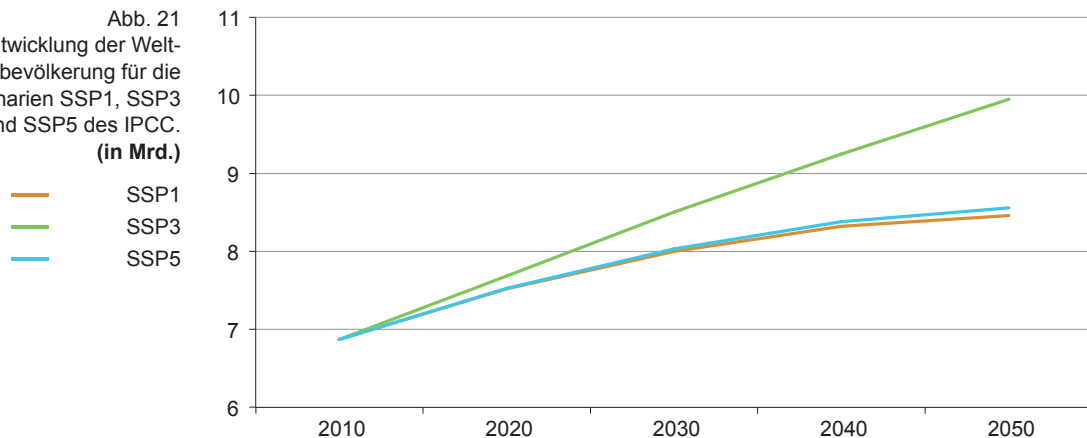
Abb. 20
Entwicklung des globalen
BIPs für die Szenarien
SSP1, SSP3 und SSP5
des IPCC.
(in Mrd. USD)



Die dazugehörige Bevölkerungsentwicklung wird in Abb. 21 dargestellt. Um die ganze Bandbreite möglicher Bevölkerungsentwicklungen im Jahr 2050 abzudecken, verwenden wir für die Berechnung der zukünftigen Fischnachfrage die Szenarien SSP1 und SSP3. Während SSP1 von allen Szenarien mit einem Zuwachsfaktor von 1,23 die niedrigste Bevölkerungsgröße für das Jahr 2050 annimmt (8,5 Milliarden), bezieht sich SSP3 auf die höchste Bevölkerungsgröße in 2050, nämlich 9,95 Milliarden Menschen bei einem Wachstumsfaktor von 1,45.

Für das Angebot von proteinreichen Substitutionsgütern für Fisch schätzen wir ein jährliches Wachstum von rund 2,09 Prozent zwischen 1976 und 2010. In allen

Abb. 21
Entwicklung der Welt-
bevölkerung für die
Szenarien SSP1, SSP3
und SSP5 des IPCC.
(in Mrd.)



Szenarien nehmen wir an, dass diese Wachstumsrate bis 2050 gehalten werden kann. Die Schätzung der ökonomischen Parameter ergibt einen Schätzwert der Verbesserung der Fangtechnologie und einer korrespondierenden Reduzierung der Fangkosten von durchschnittlich 2,4 Prozent pro Jahr für Raubfische und 1,1 Prozent pro Jahr für Beutefische. Dies steht im Einklang mit Erkenntnissen aus früherer Literatur (Squires und Vestergaard 2013). Wir gehen davon aus, dass auch dieser Trend bis 2050 anhalten wird, außer in unserem konservativsten Szenario, bei dem wir annehmen, dass es keinerlei weiteren technischen Fortschritt gibt.

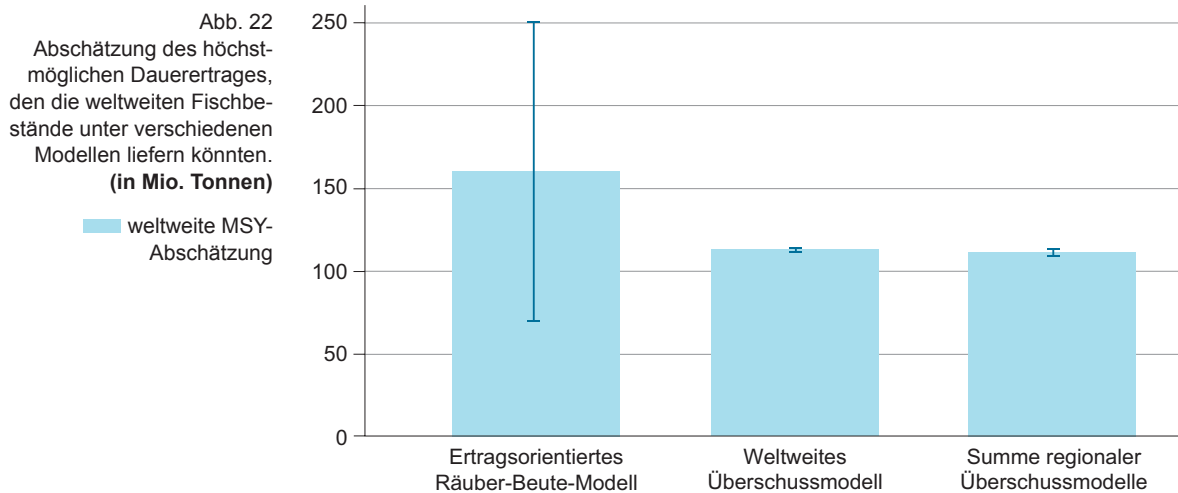
Das Fischereimanagement kann die zukünftige Bestandsentwicklung und die Fischfangerträge erheblich beeinflussen (Froese und Proelss 2010; Quaas et al. 2016; Costello et al. 2016). Wir betrachten verschiedene Szenarien in Bezug auf die Managementeffektivität. In einem dieser Szenarien werden alle Fischereien nach dem Ansatz des höchstmöglichen Dauerertrages (maximum sustainable yield, MSY) gemanagt, also so, dass die Tonnage der Fänge langfristig maximiert wird (Froese und Proelss 2010).

Des Weiteren betrachten wir verschiedene Szenarien, in denen der fischereiliche Aufwand mithilfe von Höchstfangmengen gemanagt wird (Grafton et al. 2005). Mit unserem Modellierungsansatz folgen wir Quaas et al. (2016) und beschreiben die Wirksamkeit des Managements als den Teil der externen Kosten, der die Entscheidung des Fischers über seinen Fangaufwand beeinflusst und somit internalisiert wird.

Ein aus ökonomischer Sicht optimales Management würde die Höchstfangmengen so festlegen, dass externe Kosten zu 100 Prozent von der Fischerei miteinbezogen und die Fischereien entsprechend reguliert werden. „Open access“ entspräche keinem (oder 0 Prozent) Management. Es werden also 0 Prozent der externen Kosten berücksichtigt. Wir quantifizieren die Wirksamkeit des Managements basierend auf Mora et al. (2009) und untersuchen neben dem möglichen perfekten Management acht weitere Fälle von nicht perfektem Management (Managementeffektivität zwischen 20 und 90 Prozent).

Im Folgenden präsentieren wir die Modellierungsergebnisse bezüglich Fischkonsum und Fischangebot im Jahr 2050, basierend auf dem globalen Nachfragemodell und dem globalen Räuber-Beute-Modell.

Als Orientierungswert für das Management nehmen wir ein MSY-Management für alle Fischereien an. Damit können wir die Frage beantworten, in welchem Umfang die weltweiten Fischbestände zu einer Versorgung der Weltbevölkerung mit Protein in 2050 beitragen könnten. Basierend auf dem globalen Räuber-Beute-Modell, dem globalen Überschuss-Produktionsmodell und den zusammengezogenen Ergebnissen des regionalen Modells präsentieren wir hier Schätzungen des MSY, den die weltweiten Fischbestände bereitstellen könnten. Abb. 22 zeigt die Schätzungen der drei Modelle in der Zukunft, Tabelle 5 die dazugehörigen Zahlen.



Der erste Balken zeigt die globale Fangmenge für ein Räuber-Beute-Modell, der zweite und dritte Balken den Höchstfang für Überschussmodelle nach Schaefer. Im zweiten Modell wird für das gesamte Weltmeer ein globaler Bestand angenommen, das dritte Modell steht für die Summe der höchstmöglichen Dauererträge aus 64 Meeresregionen mit je einem Bestand. Mit diesem dritten Modell analysieren wir den potenziellen Beitrag der großen marinen Ökosysteme zur Deckung des globalen und regionalen Fischproteinbedarfs.

Das Diagramm zeigt, dass der globale MSY im Schaefer Überschussmodell bei 112 Millionen Tonnen liegt. Wir kalkulieren für das Jahr 2010 weltweite Gesamtfänge in Höhe von 101 Millionen Tonnen.¹⁸ Das bedeutet: Die marinen Ressourcen sind bereits heute nahezu ausgeschöpft und lassen nicht viel Raum für eine Erhöhung der Fangmenge in der Zukunft.

Tab. 5
Mittlere Höhe der globalen Fischfänge in 2050 gemäß den drei Modellen.

	Mittlerer Fang (in Mio. t)	Standardabweichung (in Mio. t)
Ertragsorientiertes, globales Räuber-Beute-Modell	160	91
Globales Überschuss-Produktions-Modell (globales Schaefer-Modell)	112	1
Aggregierte regionale Überschuss-Produktions-Modelle (64 LMEs)	111	3

Die Schätzung für den höchsten Dauerertrag im globalen sogenannten Räuber-Beute-Modell liegt weit höher, bei annähernd 160 Millionen Tonnen. Bei einem Management, das ausschließlich auf Ertrag fokussiert, kann der weltweite Gesamtfang also wesentlich höher ausfallen. Eine wachsende Weltbevölkerung und ein gleichzeitig steigender Bedarf an proteinreicher Nahrung wie Fisch könnten ein solches auf Maximierung der Biomasse gerichtetes Management rechtfertigen. Tatsächlich müssten dafür jedoch sämtliche anderen Erhaltungsziele einer nachhaltigen Fischerei (ökologische Auswirkungen, ökosystemare Effekte, sozio-ökonomische Konsequenzen) außer Acht gelassen werden. Der hohe Maximalfang bringt zudem eine deutlich höhere Unsicherheit mit sich. Dies steht im Einklang mit Studien, die darauf hinwiesen, dass die Stabilität von Ökosystemen stark nachlässt, wenn die Räuberpopulationen überproportional reduziert werden (Britten et al. 2014, Essington et al. 2015).

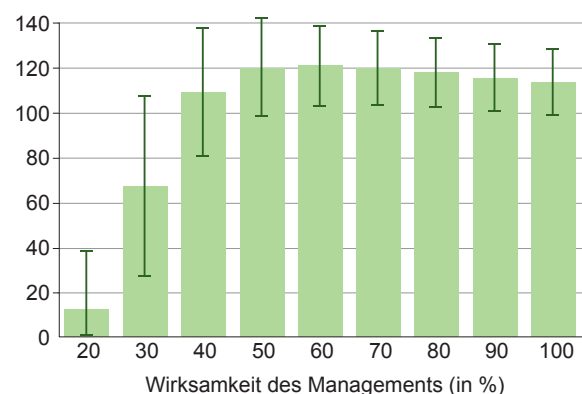
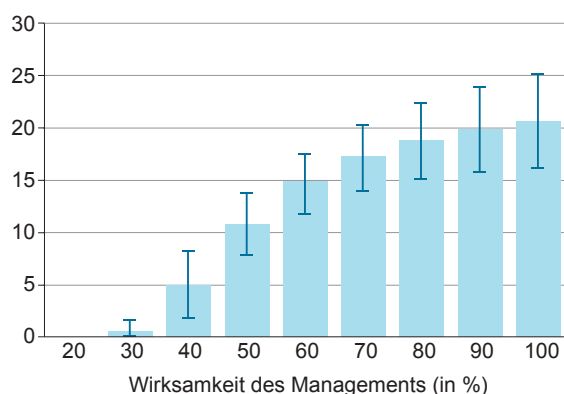
Für die drei Szenarien des globalen bioökonomischen Räuber-Beute-Modells analysieren wir, inwieweit die weltweiten Fänge von der Wirksamkeit des Managements abhängen. Abb. 23 zeigt die weltweiten Fänge im Jahr 2050 für die Nachfrage, die auf dem Basisszenario SSP1 basiert und ein steigendes BIP sowie eine Einkommenselastizität der Lebensmittelnachfrage von 0,48 berücksichtigt.

Bei der höchstmöglichen Wirksamkeit des Managements (100 Prozent) lägen die weltweiten Raub- und Beutefischfänge bei 21 bzw. 116 Millionen Tonnen, zusammengekommen bei 137 Millionen Tonnen und damit deutlich über den heutigen Erträgen (siehe Abb. 23). Aktuell liegt die Wirksamkeit des Fischereimanagements jedoch durchschnittlich bei 50 bis 60 Prozent (Mora et al. 2009, Watson et al. 2009, Quaas et al. 2016). Wenn es dabei bliebe, lägen im Jahr 2050 die globalen Fangerträge nur leicht über dem heutigem Niveau. Tatsächlich aber reflektiert das aktuelle Management die Räuber-Beute-Wechselbeziehungen nicht ausreichend. Es würden die großen Raubfische stark befischt werden, was den Räuberdruck auf die kleineren Futterfische verringern und so leicht erhöhte Fänge ermöglichen würde. Im Vergleich zum bestmöglichen Management verschiebt sich so nach und nach der Fischkonsum hin zu immer kleineren Arten.

Abb. 23
Globale Fischfänge
entsprechend dem globalen
bioökonomischen Räuber-
Beute-Modell für verschiede-
ne Qualitätsstufen des
Managements und bei
einer BIP-Entwicklung nach
Basisszenario SSP1.
(in Mio. Tonnen)

Wenn die Effektivität des Managements unter das aktuelle Niveau absinkt, zeigt sich das in einer starken Verringerung der Fänge von Raub- und Beutefischen. Eine hohe Wirksamkeit des Fischereimanagements ist also ausschlaggebend für die Erhaltung der Fangerträge bei steigender globaler Fischnachfrage. Das steht auch im Einklang mit den Ergebnissen von Quaas et al. (2016).

Um einen Vergleich herzustellen, betrachten wir auch das „high-pressure“-Szenario



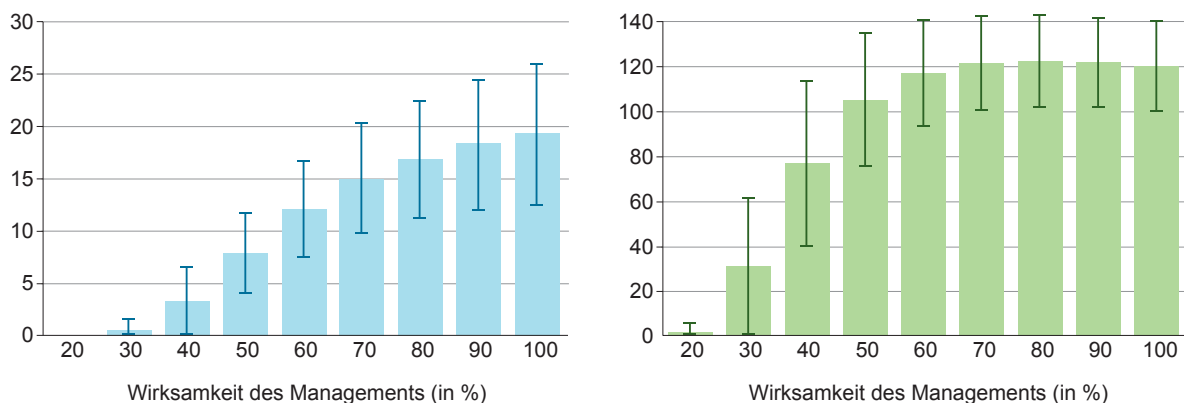


Abb. 24

Globale Fischfänge entsprechend dem globalen bioökonomischen Räuber-Beute-Modell für verschiedene Qualitätsstufen des Managements und bei einer BIP-Entwicklung nach SSP5 („high-pressure“-Szenario) und Einkommenselastizität der Fischnachfrage von eins (1).

(in Mio. Tonnen)

Weltweite Fänge von Raubfisch
Weltweite Fänge von Beutefisch

mit einem hohen BIP-Wachstum und einer Einheitseinkommenselastizität der Fischnachfrage von eins (1). Das Ergebnis wird in Abbildung 24 gezeigt. Wäre das Management perfekt, könnten weltweit die Raub- und Beutefischfänge auf dem gleichen Niveau erhalten werden wie im Basisszenario SSP1. Verringert sich hingegen die Wirksamkeit des Managements, sinken die Fänge sehr viel stärker als im SSP1.

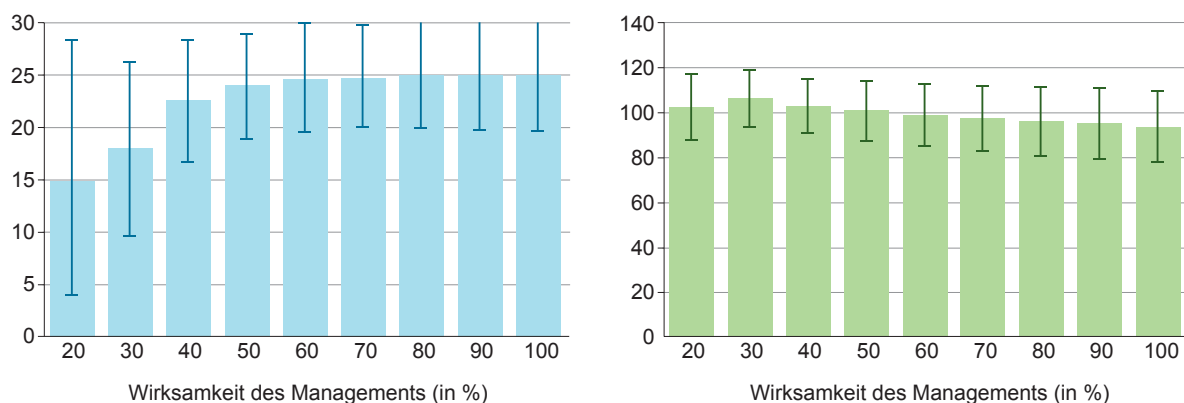
Das dritte und konservativste Szenario (SSP3) – mittlerer Anstieg der Nahrungsmittelausgaben, ohne jeden Fortschritt in der Fangtechnologie – zeigt, dass die Fischfangmengen auch dann erhalten bleiben, wenn es keine Verbesserung des Managements gegenüber heute gäbe (siehe Abb. 25). Aber die hier getroffenen Annahmen sind nicht realistisch: Insbesondere der Trend einer verbesserten Fangtechnologie wird sich sicher weiter fortsetzen und den Fischereidruck erhöhen. Nichtsdestotrotz zeigt dieses Szenario, dass die ökonomischen Kräfte, in diesem Fall die steigende Nachfrage und der technische Fortschritt in der Fangtechnologie, an zentraler Stelle die Zukunft der Fischerei mitbestimmen.

Abb. 25

Mögliche globale Fischfänge entsprechend dem globalen bioökonomischen Räuber-Beute-Modell für verschiedene Qualitätsstufen des Managements und unter BIP-Entwicklung nach SSP3 („low-pressure“-Szenario) und ohne weiteren technologischen Fortschritt.

(in Mio. Tonnen)

Im letzten Schritt analysieren wir, wie die weltweiten Meeresregionen dazu beitragen, den weltweiten Proteinbedarf zu decken. Dafür verwenden wir MSY-Schätzungen für die verschiedenen LMEs und vergleichen sie mit dem regionalen Fischkonsum basierend auf FAO-Daten für Fischkonsum von 2010 und Bevölkerungsdaten für 2050 der beiden angewandten Szenarien SSP1 und SSP3. Diese Szenarien beziehen sich auf die Extreme der möglichen Bevölkerungsentwicklung: Während SSP1 auf der kleinsten prognostizierten Bevölkerungsentwicklung bis 2050 beruht, bezieht sich SSP3 auf die größte prognostizierte Entwicklung aller Szenarien.



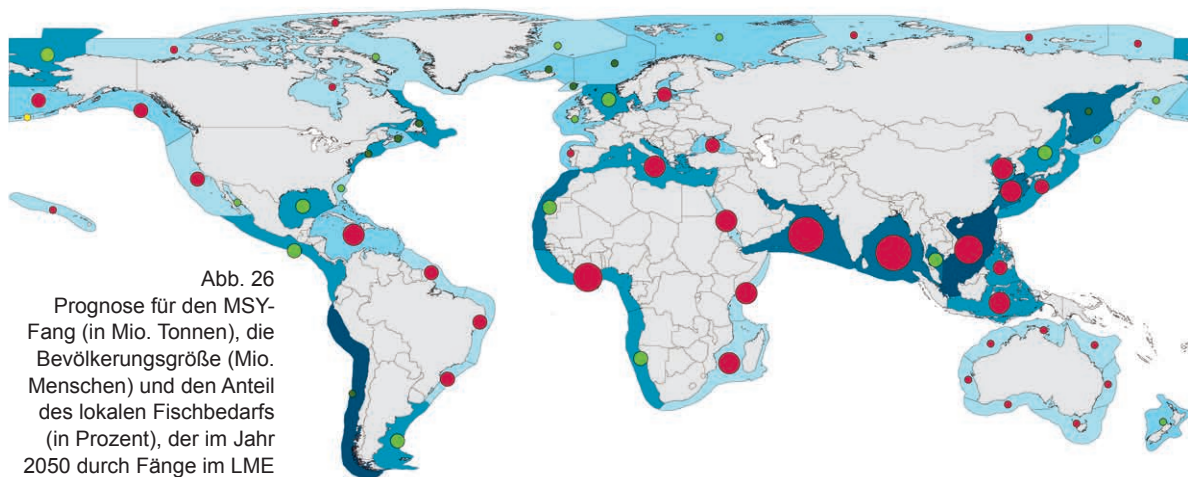
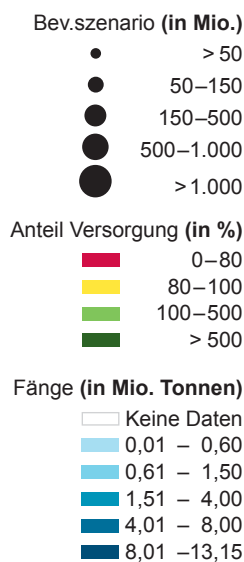


Abb. 26
Prognose für den MSY-Fang (in Mio. Tonnen), die Bevölkerungsgröße (Mio. Menschen) und den Anteil des lokalen Fischbedarfs (in Prozent), der im Jahr 2050 durch Fänge im LME unter idealen Bedingungen und dem Szenario SSP1* gedeckt werden kann.



Die Ergebnisse werden in Abb. 26 und Abb. 27 dargestellt. Auch hier entspricht die farbliche Codierung dem Potenzial des betroffenen LME, den lokalen Bedarf zu decken. Rot und gelb bedeuten, die LMEs werden nicht in der Lage sein, den Bedarf zu decken – noch nicht einmal unter einem MSY-Management-Szenario, wie es hier angenommen wird. Grün verdeutlicht, dass das LME unter MSY-Management mehr als den lokalen Bedarf decken können.

Verglichen mit dem Referenzjahr 2010 sind die Ergebnisse sehr ähnlich. Im Jahr 2050 können im SSP1-Szenario 38 LMEs und im SSP3-Szenario 37 LMEs den Bedarf der lokalen Bevölkerung nicht bedienen. Auch die Extreme aus 2010 finden sich in den Szenarien für 2050 wieder. In arktischen Gewässern, z. B. der kanadischen Hocharktis/Nordgrönland oder der Beaufortsee sowie im pazifisch-hawaiianischen LME, deckt die Fischproduktion weniger als 1 Prozent des lokalen Konsums ab, während das Schottische Schelf, das Neufundland-Labradorschelf sowie Isländisches Schelf und Meer und das Färöer Plateau mit einer massiven Überproduktion hervorstechen und den Bedarf der lokalen Bevölkerung mit über 1.000 Prozent weit überschreiten.

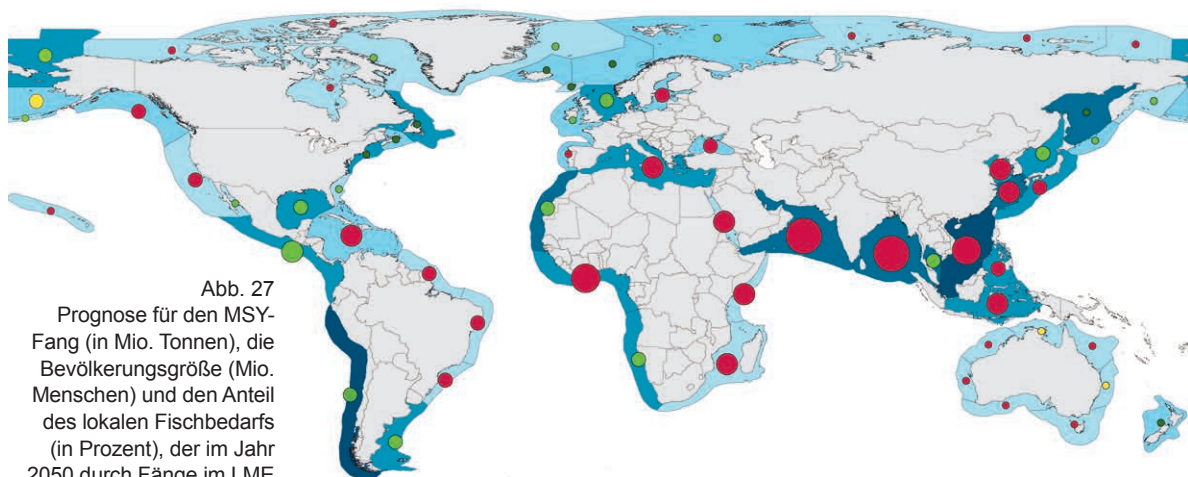


Abb. 27
Prognose für den MSY-Fang (in Mio. Tonnen), die Bevölkerungsgröße (Mio. Menschen) und den Anteil des lokalen Fischbedarfs (in Prozent), der im Jahr 2050 durch Fänge im LME unter idealen Bedingungen und dem Szenario SSP3* gedeckt werden kann.

* SSP1 = langsames Bevölkerungswachstum; SSP3 = starkes Bevölkerungswachstum

Aber einige LMEs verändern ihre Kategorie. Die Nordsee und das Japanische Meer werden aller Voraussicht nach den lokalen Bedarf 2050 decken können. Im Gegensatz dazu werden das Arabische Meer und der Kalifornienstrom den lokalen Bedarf nicht decken können.

Bezogen auf das globale Potenzial, die Bevölkerung mit Fisch zu versorgen, unterscheiden sich die Szenarien für 2010 und 2050. Im SSP1-Szenario mit dem geringsten Bevölkerungszuwachs bis 2050 wird das weltweite Fischangebot 81 Prozent des globalen Bedarfs decken können. Im SSP3-Szenario mit stärker anwachsender Bevölkerung werden hingegen nur 75 Prozent des Fischbedarfs durch wildgefangenen Fisch gedeckt. Ähnlich der Situation im Jahr 2010 kommen die fehlenden 19 bzw. 25 Prozent aus Aquakultur sowie Hochsee- und Binnenfischerei.

Insgesamt zeigen Abb. 26 und Abb. 27 eindeutig, dass der zukünftige globale Fischbedarf nicht nur durch Meeresfischerei gedeckt werden kann. Die Fischzucht muss hier ebenfalls ihren Beitrag leisten, mit dem bekannten Nachteil, dass einige Aquakulturproduktionen wildgefangenen Fisch als Futter einsetzen (Essington et al. 2015).

Da die LMEs auf den globalen Märkten interagieren, wird die Höhe der Preise für Fisch und Substitutionsgüter die Entscheidung der Menschen beeinflussen, Fisch oder lieber ein Substitutionsgut zu konsumieren. Sind Fischpreise ausreichend hoch, wird Fisch für einen großen Teil der Bevölkerung armer Länder unerschwinglich. Diese Menschen werden statt den eigenen Fisch zu konsumieren auf bezahlbare Substitutionsgüter ausweichen und den Fisch zum höheren Exportpreis exportieren.

Anhang

Tab. 6
Nationale Verzehr-
empfehlungen für Fisch
(basierend auf den Empfeh-
lungsstandards der WHO).

	Nationale Verzehr-Empfehlung	Empfohlene Menge (g/Woche)	Quelle
Großbritannien	2 Portionen (à 140 g) pro Woche	280	Food Standards Agency (2010) ¹⁹
Australien/Neuseeland	2-3 Portionen (à 150g)	375	Food Standards Australia New Zealand (2013) ²⁰
Kanada	Mindestens 150g pro Woche	150	Health Canada (2011) ²¹
Österreich	1-2 Portionen pro Woche (= 150g)	150	WHO (2003) ²²
Deutschland	1-2 Portionen pro Woche	150	
Georgien	12,8-15g Fisch pro Tag	97	WHO (2003) ²³
Ukraine	20g Fisch pro Tag	140	WHO (2003) ²⁴
Estland	2-3 Portionen pro Woche (à 50g)	150	WHO (2003) ²⁵
Vereinigte Staaten	8 oz pro Woche	226	http://bit.ly/1nhRps6
Italien	100-240g pro Woche	170	http://bit.ly/294BDQm
Frankreich	100-200g pro Woche	150	http://bit.ly/29AcfCm
Irland	2x pro Woche	200	http://bit.ly/29Anq8D
Norwegen	2-3x pro Woche	250	http://bit.ly/29KT48J
Dänemark	2-3x pro Woche	350 (explizit)	http://bit.ly/29xPV69
Schweden	2-3x pro Woche	250	http://bit.ly/29AVhkg
Island	2-3x pro Woche	250	http://bit.ly/29T6jU8
Östliches Mittelmeer (Zypern, Libanon, Türkei, Griechenland, Jordanien, Syrien, Israel, Palästina, Ägypten, Libyen)	2x pro Woche	180	http://bit.ly/29t25Cn
Malaysia	2-3x pro Woche (200-300g/Woche)	250	http://bit.ly/29T6leL
Sri Lanka	2-3x pro Woche (fetter Fisch)	250	http://bit.ly/29t2F30
Barbados	2-3x pro Woche	250	http://bit.ly/1TbViHR
Mexiko	2x pro Woche	200	http://bit.ly/29M12LC
Argentinien	2-3x pro Woche (à 75-100g)	244	http://bit.ly/1OLY18D
Gesamt:			
31 Nationale Empfehlungen		Ø = 204,25	204,25 x 52 = 10,6 kg/Kopf x Jahr

¹⁹⁾ bis ²⁵⁾: aus Thurstan & Roberts (2013)

Modell Fischverfügbarkeit

a. Globales Räuber-Beute-Modell

Wir nehmen ein Lotka-Volterra-Räuber-Beute-Modell an (Hannesson 1983), wo x die Biomasse der Räuberarten und y die Biomasse der Beutefische darstellt. Veränderungen in der Biomasse über die Zeit ($\dot{x}_t$ und $\dot{y}_t$) werden definiert als

$$\begin{aligned}\dot{x}_t &= r_x x_t - k_x x_t^2 + a x_t y_t - H_t \\ \dot{y}_t &= r_y y_t - k_y y_t^2 - b x_t y_t - L_t\end{aligned}$$

x_t und y_t beschreiben hier die Bestandsgröße in Jahr t , r_x und r_y stehen für die intrinsischen Wachstumsraten, k_x und k_y für die Dichteabhängigkeit von Räuber- bzw. Beutespezies und a und b stehen für die Interaktionsparameter. Ein Anstieg in der Biomasse vom Beutefisch hat eine positive Auswirkung auf die Entwicklung der Räuber-Biomasse, daher ist der Interaktionsterm $a x_t y_t$ positiv. Ein Anstieg in der Biomasse der Räuberfische hat hingegen einen negativen Effekt auf die Entwicklung der Beute-Biomasse, daher ist der Interaktionsterm für die Beute $b x_t y_t$ negativ. H_t und L_t beschreiben die Entemenge der Räuber- und Beutespezies. Somit wird eine Veränderung der Biomasse bestimmt durch das biologische Wachstum des Bestands abzüglich der Fänge zuzüglich oder abzüglich der Interaktionsterme.

Wir nehmen für Räuber- bzw. Beutespezies allgemeine Schaefer-Ernteproduktion-Funktionen an,

$$\begin{aligned}H_t &= q x_t^{X_x} E_{xt} \\ L_t &= d y_t^{X_y} E_{yt}\end{aligned}$$

c und d bezeichnen die Fangkoeffizienten und X_x und X_y die Bestandselastizitäten des Ertrags, welche von eins abweichen dürfen. E_{xt} und E_{yt} sind jeweils der Fischereiaufwand, der für Räuber- bzw. Beutefisch aufgebracht wird.

Davon ausgehend, dass die Grenzkosten des Aufwandes für beide Fischereien konstant sind und dass sich die Kosten aufgrund technologischen Fortschritts über den Verlauf der Zeit verringern (um v_x und v_y), können die Fischereikosten folgendermaßen geschrieben werden:

$$\begin{aligned}C_x(H_t, x_t) &= \exp(c_x - v_x t) x_t^{-X_x} H_t \\ C_y(L_t, y_t) &= \exp(c_y - v_y t) y_t^{-X_y} L_t\end{aligned}$$

Wie bereits in der Studie beschrieben, erfolgt die Schätzung der biologischen Parameter auf Basis der von Martell und Froese entwickelten „Catch-MSY“-Methode (Martell und Froese 2013). Diese Methode macht die Schätzung biologischer Parameter auf Grundlage von Fangdaten möglich. Dafür benötigt man Zeitseriendaten für Fänge und Ausgangsbereiche der Parameterwerte sowie mögliche Umfänge der Bestandsgrößen für die erste und die letzte Periode. Nachdem die Anfangsgrößen der Bestände sowie die Grenzen der Endbestände festgelegt wurden, wird ein Parametersatz zufällig aus der vorherigen Parameterverteilung gezogen. Anschließend wird das zugrunde liegende Fischangebotsmodell benutzt, um mit dem gegebenen Parametersatz die mit der Größe des Ertrags korrespondierende Biomasse zu berechnen. Liegt die Biomasse innerhalb eines angemessenen Bereichs, wird der Parametersatz gespeichert. In unserer Analyse haben wir diese Prozedur 10.000.000-mal für jedes LME wiederholt. Wir verwenden Proben von 1.000 zufällig ausgewählten Parameterwerten in unseren Modellberechnungen, um Mittelwerte und Konfidenzintervalle zu berechnen. Somit basieren alle unten aufgeführten Ergebnisse auf Durchschnittswerten und Standardabweichungen, die wir durch jeweils 1.000 separate Modellläufe erhalten haben. Für das globale Räuber-Beute-Modell erweitern wir den Ansatz von Martell und Froese und bestimmen Parameterwerte für das Lotka-Volterra-Räuber-Beute-Modell. Jedes Mal werden die zu prüfenden Anfangsparametersätze zufällig aus einer gleichen Verteilung gezogen. Die biologischen Parameter werden angenommen, wenn die finale Biomasse zwischen ein Minimum und zwei Drittel ihres Gleichgewichtswerts ohne Fischerei fallen.

Die ökonomische Theorie sagt eine positive Beziehung zwischen der Biomasse der Fischbestände und dem Marktangebot von Fisch voraus (oder gar keine Beziehung im Falle einer reinen pelagischen Schwarmfischerei und damit eine negative Beziehung zwischen der Bestandsbiomasse und dem Fischpreis. Wir verwenden in jedem Modelllauf eines zu testenden Parametersatzes Preisdaten, um zu überprüfen, ob diese Bedingung erfüllt wird. Insbesondere nehmen wir an, dass die „open-access“-Bedingungen $p_{Ht} = C_x(H_t, x_t)$ und $p_{Lt} = C_y(L_t, y_t)$ und für die Zeiträume zwischen 1976 und 2000 (Quaas et al. 2012) gelten. Wir verwenden beobachtete Preise von SeaAroundUs und die Bestandsschätzungen der Testläufe der Martell/Froese-Methode um eine log-linearisierte OLS-Regression der „open-access“-Bedingungen unter Verwendung der untenstehenden Kostenfunktionen und Zeitreihen zu schätzen. Wir nehmen das Parameterset an, wenn es für X_x und X_y nichtnegative Schätzungen ergibt. Parametersätze, die diesem Test nicht standhalten, werden verworfen. Andernfalls verwenden wir die sich aus der Beziehung zwischen Preis und Bestandsbiomasse ergebende Information, um eine Schätzung der ökonomischen Parameterwerte zu erhalten.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der in den Berechnungen verwendeten 1.000 Parametersätze werden in der untenstehenden Tabelle aufgeführt

	r_x	r_y	k_x	k_y	a	b	c_x	c_y	v_x	v_y	X_x	X_y
mean	1,44	2,24	0,044	0,0096	0,0046	0,014	49,14	24,27	0,024	0,011	0,24	0,32
std	0,56	0,74	0,023	0,0062	0,0020	0,0077	10,45	7,82	0,005	0,003	0,20	0,20

b. Fischangebotsmodell auf LME-Ebene

Für das Gesamtfischangebotsmodell wird die Veränderung der Biomasse über die Zeit wie folgt beschrieben:

$$\dot{x}_{lme,t} = r_{lme}x_t - k_{lme}x_{lme,t}^2 - H_{lme,t}$$

$x_{lme,t}$ beschreibt die Bestandsgröße im LME lme im Jahr t , r_{lme} beschreibt die intrinsische Wachstumsrate des Bestands, k_{lme} ist ein Maß für die Dichteabhängigkeit und $H_{lme,t}$ beschreibt die Fänge des LMEs im Jahr t (Clark 1991). Somit entspricht die Veränderung der Biomasse dem biologischen Wachstum des Bestands abzüglich der Fänge durch die Fischerei. Ähnlich wie beim Räuber-Beute-Modell nehmen wir die folgende Kostenfunktion für Fischerei an:

$$C_{lme}(H_{lme,t}, x_{lme,t}) = \exp(c_{lme} - v_{lme}t)x_{lme,t}^{-x_{lme}}H_{lme,t}$$

Alle Parameterwerte unterscheiden sich für die 64 LMEs. Wir verwenden denselben Ansatz wie für das globale Räuber-Beute-Modell, und erhalten somit 64.000 Parametersätze für r_{lme} , k_{lme} , c_{lme} , v_{lme} , und x_{lme} .

Nachfragemodell

a. Globales Nachfragemodell

Wir gehen von einem repräsentativen Konsumenten w aus, der Präferenzen beim Konsum von proteinreicher Nahrungsmittel hat, darunter Raubfische (Menge H_t), Beutefische (Menge L_t) und proteinreiche Substitutionsgüter (Menge C_t). Die Präferenzen für diese Güter sowie die Konsumbezugsgröße X_t werden in von der untenstehenden Nutzenfunktion beschrieben (Quaas et al. 2016):

$$U_t = N_t + \frac{E_t \sigma}{\sigma - 1} \ln(V_t)$$

E_t sind die Gesamtausgaben von w für proteinreiche Nahrung in Jahr t , N_t ist die Konsumbezugsgröße, und V_t ist der Nutzenindex für den Konsum proteinreicher Nahrung (Quaas und Requate 2013, Quaas et al. 2016):

$$V_t = \left[(1 - \eta_H - \eta_L) C_t^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \eta_H H_t^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \eta_L L_t^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

σ spiegelt die Substitutionselastizität zwischen den verschiedenen Nahrungstypen wieder. Gemäß Quaas et al. (2016), nehmen wir an, dass $\sigma = 1,7$. Die anderen Parameter η_H und η_L werden mit Preis- und Mengendaten von SeaAroundUs und der FAO geschätzt. Unter Verwendung jährlicher Preise für Substitutionsgüter, P_{Ct} , Raubfische, P_{Ht} und Beutefische, P_{Lt} , führt die Nutzenmaximierung in Bezug auf den Konsum proteinreicher Nahrung zu den folgenden inversen Nachfragefunktionen

$$\begin{aligned} P_{Ct} &= \frac{E_t}{V_t} (1 - \eta_H - \eta_L) C_t^{-\frac{1}{\sigma}} \\ P_{Ht} &= \frac{E_t}{V_t} \eta_H H_t^{-\frac{1}{\sigma}} \\ P_{Lt} &= \frac{E_t}{V_t} \eta_L L_t^{-\frac{1}{\sigma}} \end{aligned}$$

anhand deren wir die Nachfrageparameter η_{Ht} , η_{Lt} , unter Benutzung von Daten für H_t , L_t , C_t , P_{Ct} , P_{Ht} , und P_{Lt} für den Zeitraum 1976 bis 2010 schätzen. Dies führt zu

η_H	0,1554
η_L	0,3675

Für die Ausgaben E_t verwenden wir die in Abschnitt 3.2 beschriebenen Szenarien. Für den Konsum der Substitutionsgüter nehmen wir an, dass sich der Trend des Zeitraumes 1976 bis 2010 mit einer exponentiellen Wachstumsrate von 2,09 Prozent pro Jahr fortsetzt.

b. Nachfragemodell auf LME-Ebene

Für die Modellierung der regionalen Nachfrage haben wir die Länder auf LME-Ebene gruppiert. Wir nehmen einen repräsentativen Konsumenten pro LME an, der proteinreiche Nahrung im Jahr t konsumiert, die sich aus der Menge $C_{lme,t}$ für Substitutionsgüter und Menge $F_{lme,t}$ für Fischprodukte zusammensetzt. Präferenzen werden in der folgenden Nutzenfunktion beschrieben:

$$U_{lme,t} = N_{lme,t} + \frac{E_{lme,t} \sigma}{\sigma - 1} \ln(V_{lme,t})$$

Ähnlich dem globalen Modell beschreibt $E_{lme,t}$ die Gesamtausgaben für proteinreiche Nahrung in Jahr t , $N_{lme,t}$ ist die Konsumbezugsgröße, und $V_{lme,t}$ ist der Nutzenindex für den Konsum proteinreicher Nahrung:

$$V_{lme,t} = \left[(1 - \eta_{lme,t}^d - \eta_{lme,t}^i) C_{lme,t}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \eta_{lme,t}^d (F_{lme,t}^d)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \eta_{lme,t}^i (F_{lme,t}^i)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

σ spiegelt die Substitutionselastizität zwischen Fisch und Substitutionsgütern wider. Wir verwenden die Armington (1969)-Annahme¹, die die Differenzierung zwischen importierten und inländisch produzierten Gütern beschreibt. Wir nehmen wieder eine Nachfrageelastizität von 1,7 gemäß Asche et al. (1996) und Quaas und Requate (2013) an. Die Nachfrageparameter $\eta_{lme,F}^d$ und $\eta_{lme,F}^i$ messen die relative Präferenz für importierten und inländisch produzierten Fisch. Unter Verwendung jährlicher Preise für Substitutionsgüter $P_{C,lme,t}$, inländisch produziertem Fisch $P_{F,lme,t}^d$ und importiertem Fisch $P_{F,lme,t}^i$, führt die Nutzenmaximierung in Bezug auf den Konsum proteinreicher Nahrung zu den folgenden inversen Nachfragefunktionen:

$$\begin{aligned} P_{C,lme,t} &= \frac{E_{lme,t}}{V_{lme,t}} (1 - \eta_{lme,t}^d - \eta_{lme,t}^i) C_{lme,t}^{\frac{1}{\sigma}} \\ P_{F,lme,t}^d &= \frac{E_{lme,t}}{V_{lme,t}} (F_{lme,t}^d)^{-\frac{1}{\sigma}} \eta_{lme,t}^d \\ P_{F,lme,t}^i &= \frac{E_{lme,t}}{V_{lme,t}} (F_{lme,t}^i)^{-\frac{1}{\sigma}} \eta_{lme,t}^i \end{aligned}$$

Mit den gegebenen Daten für Preise und Mengen importierten und inländisch produzierten Fisches und für Substitutionsgüter für den Zeitraum 1976 bis 2011 schätzen wir die Parameter $\eta_{lme,F}^d$ und $\eta_{lme,F}^i$. Für die Ausgaben für Nahrungsmittel verwenden wir das SSP1-Szenario für Einkommenszuwachs und eine Einkommenselastizität der Lebensmittelnachfrage von 0,48 (Cireira und Masset 2010).

Für den Konsum der Substitutionsgüter bestimmen wir für jedes LME einen linearen Trend basierend auf vergangenen Beobachtungen des Zeitraums 1976–2010 unter der Annahme, dass der sich bis 2050 fortsetzt.

¹ Die Armington-Annahme ist eine Standard-Annahme der berechenbaren Gleichgewichtsmodelle und impliziert, dass Konsumenten zwischen Gütern basierend auf deren Herkunft unterscheiden, also ob das Gut im Inland oder im Ausland produziert wurde.

Liste der großen marinen Ökoregionen (LMEs, nach SeaAroundUs)

Agulhas Current	Greenland Sea	Northern Bering - Chukchi Seas
Aleutian Islands	Guinea Current	Northwest Australian Shelf
Antarctic	Gulf of Alaska	Norwegian Sea
Arabian Sea	Gulf of California	Oyashio Current
Baltic Sea	Gulf of Mexico	Pacific Central-American Coastal
Barents Sea	Gulf of Thailand	Patagonian Shelf
Bay of Bengal	Hudson Bay Complex	Red Sea
Beaufort Sea	Humboldt Current	Scotian Shelf
Benguela Current	Iberian Coastal	Sea of Japan / East Sea
Black Sea	Iceland Shelf and Sea	Sea of Okhotsk
California Current	Indonesian Sea	Somali Coastal Current
Canadian Eastern Arctic-West	Insular Pacific-Hawaiian	South Brazil Shelf
Greenland	Kara Sea	South China Sea
Canadian High Arctic - North Greenland	Kuroshio Current	Southeast Australian Shelf
Canary Current	Laptev Sea	Southeast U.S. Continental Shelf
Caribbean Sea	Mediterranean Sea	Southwest Australian Shelf
Celtic-Biscay Shelf	New Zealand Shelf	Sulu-Celebes Sea
Central Arctic Ocean (no data available)	Newfoundland-Labrador Shelf	West Bering Sea
East Bering Sea	North Australian Shelf	West-Central Australian Shelf
East Brazil Shelf	North Brazil Shelf	Yellow Sea
East China Sea	North Sea	
East Siberian Sea	Northeast Australian Shelf-Great Barrier	
East-Central Australian Shelf	Reef	
Faroe Plateau	Northeast U.S. Continental Shelf	

Liste der proteinreichen Substitutionsgüter ohne Fisch (FAOstat Datenbank 2016)

Almonds, shelled	Groundnuts, shelled	Meat, turkey
Bambara beans	Hazelnuts, shelled	Milk, skimmed, cow
Beans, dry	Kola nuts	Milk, skimmed, dried
Beans, green	Lard	Milk, whole, condensed
Brazil nuts, shelled	Lentils	Milk, whole, dried
Broad beans, horse beans, dry	Maize	Milk, whole, evaporated
Butter, cow's milk	Maize, green	Milk, whole, fresh, cow
Cashew nuts, shelled	Meat, cattle	Nuts, not elsewhere included
Cashew nuts, with shell	Meat, chicken	Nuts, prepared (exc. groundnuts)
Cheese, sheep's milk	Meat, duck	Peas, dry
Cheese, whole cow's milk	Meat, game	Peas, green
Chestnuts	Meat, goat	Rice – total (rice milled equivalent)
Chick peas	Meat, goose and guinea fowl	Soybeans
Coconuts	Meat, horse	Walnuts, shelled
Cream, fresh	Meat, not elsewhere included	Walnuts, with shell
Eggs, hen, in shell	Meat, pig	Whey, condensed
Eggs, other bird, in shell	Meat, rabbit	Whey, dry
Ghee, buffalo milk	Meat, sheep	Yoghurt, concentrated or not

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1: Entwicklung des globalen Fischkonsums zwischen 1960 und 2010.	18
Abb. 2: Globaler Pro-Kopf-Fischkonsum zwischen 1960 und 2010.	18
Abb. 3: Weltkarte: Weltweiter Pro-Kopf Fischverzehr (der Durchschnitt von 2008 bis 2010).	19
Abb. 4: Globales Konsummuster für Fisch.	19
Abb. 5: Konsummuster für Fisch in den verschiedenen Kontinenten.	20
Abb. 6: Fischkonsum in den acht Fallstudienländern.	21
Abb. 7: Pro-Kopf-Fischkonsum in den acht Fallstudienländern und dem entsprechenden Kontinent.	22
Abb. 8: Konsummuster für Fisch in den acht Fallstudienländern.	23
Abb. 9: Globaler Fischverzehr pro Kopf und Fischanteil an tierischem Eiweiß nach Kontinenten.	25
Abb. 10: Bedeutung von Fisch in der Ernährung im Verhältnis zur wirtschaftlichen Entwicklung eines Landes oder einer Bevölkerung.	27
Abb. 11 / Z1: Gesamtproteinaufnahme in den acht Fallstudienländern, unterteilt in Gesamtprotein und Fischprotein.	27
Abb. 12: Wichtigste Faktoren der Fischabhängigkeit.	30
Abb. 13 / Z2: Weltkarte: Übersicht über die globale Fischabhängigkeit.	32
Abb. 13a: Weltkarte: Pro-Kopf-Fischfang nach Ländern.	32
Abb. 13b: Weltkarte: Anteil von Fisch am Gesamtprotein.	32
Abb. 13c: Weltkarte: Pro-Kopf-BIP in USD.	33
Abb. 13d: Weltkarte: Prozentualer Anteil der Unterernährung an der Bevölkerung.	33
Abb. 14 / Z3: Höhe des Pro-Kopf-Fischkonsums, Fischfänge und Bevölkerungsgröße auf LME-Basis für 2010.	35
Abb. 15: Weltkarte: Die in dieser Studie untersuchten großen marinen Ökosysteme (LMEs).	39
Abb. 16: Weltweite Fänge von Raub- und Beutefischen von 1950 bis 2010.	40
Abb. 17: Globale „ex-vessel“-Preise für Anlandewerte von Raub- und Beutefischen zwischen 1950 und 2010.	41
Abb. 18: Weltweite Ausgaben pro Jahr für Raubfische, Beutefische und proteinreiche Substitutionsgüter (1976–2010).	42
Abb. 19: Weltweite Produktion pro Jahr von Fischen und Substitutionsgütern von 1976 bis 2010.	42
Abb. 20: Entwicklung des globalen BIP für die Szenarien SSP1, SSP3 und SSP5 des IPCC.	44
Abb. 21: Entwicklung der Weltbevölkerung für die Szenarien SSP1, SSP3 und SSP5 des IPCC.	44
Abb. 22 / Z4: Schätzung des globalen MSY, den die weltweiten Fischbestände unter drei verschiedenen Modellansätzen liefern könnten.	44
Abb. 23 / Z5: Globale Fischfänge entsprechend dem globalen bioökonomischen Räuber-Beute-Modell für verschiedene Qualitätsstufen des Managements und bei einer BIP-Entwicklung nach Basisszenario SSP1.	47
Abb. 24: Globale Fischfänge entsprechend dem globalen bioökonomischen Räuber-Beute-Modell für verschiedene Qualitätsstufen des Managements und bei einer BIP-Entwicklung nach SSP5 („high-pressure“-Szenario) und Einkommenselastizität der Fischnachfrage von eins (1).	48
Abb. 25: Mögliche globale Fischfänge entsprechend dem globalen bioökonomischen Räuber-Beute-Modell für verschiedene Qualitätsstufen des Managements und unter BIP-Entwicklung nach SSP3 („low-pressure“-Szenario) und ohne weiteren technologischen Fortschritt.	48
Abb. 26: Prognose für den MSY-Fang (Mio. Tonnen), die Bevölkerungsgröße (Mio. Menschen) und den Anteil des lokalen Fischbedarfs (in Prozent), der im Jahr 2050 durch Fänge im LME unter idealen Bedingungen und dem Szenario SSP1* gedeckt werden kann.	49
Abb. 27: Prognose für den MSY-Fang (in Mio. Tonnen), die Bevölkerungsgröße (Mio. Menschen) und den Anteil des lokalen Fischbedarfs (in Prozent), der im Jahr 2050 durch Fänge im LME unter idealen Bedingungen und dem Szenario SSP3* gedeckt werden kann.	49
Tab. 1: Bedeutung von Fisch für die Ernährung in den acht Fallstudienländern.	26
Tab. 2: (Multidimensionaler) Welthunger-Index 1995 bis 2015 für die acht Fallstudienländer.	29
Tab. 3: Fischabhängigkeit der acht ärmsten Länder der Erde und der acht Länder mit dem höchsten Fischanteil am tierischen Eiweiß in ihrer Nahrung.	33
Tab. 4: Fischabhängigkeit der acht Fallstudienländer.	34
Tab. 5: Mittlere Höhe der globalen Fischfänge in 2050 gemäß den drei Modellen.	46
Tab. 6: Nationale Verzehrempfehlungen für Fisch	51

- 1) WHO technical report series 916: Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases - Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation 2002.
- 2) Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung DEG: 1 bis 2 Portionen Fisch pro Woche. Pro Portion ca. 150 Gramm = 225 Gramm pro Woche oder 11,7 Kilogramm pro Kopf und Jahr. <https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/10-regeln-der-dge/>
- 3) SSPs wurden durch die Forschungsgemeinschaft zum Klimawandel (z. B. IPCC) entwickelt, um die ganzheitliche Analyse zukünftiger Auswirkungen des Klimawandels zu vereinfachen. Sie ziehen Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung und ökonomischen Entwicklung nach sich, insbesondere für die folgenden Elemente: 1. Bevölkerung nach Alter, Geschlecht und Bildungsstand, 2. Urbanisierung; und 3. Ökonomische Entwicklung (BIP). Zusätzlich zu diesen Basiselementen gibt es weitere vorläufige Szenarien, unter anderem für 4. Energieversorgung und -nutzung, 5. Landnutzung, 6. Treibhausgasemissionen und Luftverschmutzung, 7. Durchschnittlicher globaler Strahlungsantrieb und Temperaturveränderungen; sowie 8. Kosten für die Abmilderung.
- 4) Gemäß des „CWP Handbook of Fishery Statistical Standards“ der FAO. <http://www.fao.org/fishery/cwp/search/en>
- 5) Standardisiert nach den Grenzwerten, die zwischen 1988 und 2013 geringfügig oberhalb der höchsten weltweit gemessenen Länderwerte des jeweiligen Indikators liegen.
- 6) In Bezug auf alle bekannten Mängel an Spurenelementen hat Fisch das größte Potenzial Vitamin-A-, Eisen- und Jodmangel zu beseitigen. Das gilt insbesondere für alle kleinen Spezies die mit Kopf und Gräten gegessen werden, da sie eine hervorragende Quelle vieler wichtiger Mineralien wie Jod, Selen, Zink, Eisen, Kalzium, Phosphor, Kalium, Vitamine A und D und eine Vitamine der Vitamin-B-Gruppe sind (Kawarazuka und Bénéd, 2011). Zusätzlich enthält Fisch bis auf wenige Ausnahmen nur wenig gesättigte Fettsäuren, Kohlenhydrate und Cholesterin.
- 7) Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung, wenn auch mit anderer Intention, kommen Thurstan und Roberts (2014).
- 8) Gemessen in Kaufkraftäquivalent in USD – das bedeutet, es werden Wechselkursschwankungen durch einen hypothetischen Wechselkurs korrigiert, um für einen fixen Warenkorb dieselbe Kaufkraft zu erhalten. Dies wird häufig für internationale Vergleiche verwendet, um die Effekte von Wechselkursschwankungen zu minimieren, z. B. für den Vergleich des Armutslevels verschiedener Länder.
- 9) Gemäß dem von Allison et al. (2009a,b) entwickelten Indikator.
- 10) Eine vollständige Liste aller LMEs ist im Anhang zu finden. Die Antarktis und der Zentrale Arktische Ozean wurden aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit ausgeschlossen.
- 11) http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/SSP_Scenario_Database.html
- 12) Eine vollständige Liste der Parameterwerte, Ergebnisse und Codes sind im elektronischen Anhang verfügbar. Für die Berechnung verwenden wir den „Interior-point“-Algorithmus der Knitro (Version 9.1) Optimierungssoftware (Byrd et al. 1999; 2006). Die Programmierung der Codes wurde mit AMPL gemacht und ist ebenfalls im Anhang verfügbar.
- 13) Diagramme für die angenommenen Parameterwerte des globalen Räuber-Beute-Modells werden im technischen Anhang gezeigt.
- 14) Siehe Anhang für eine detaillierte Liste der Substitutionsgüter.
- 15) Die folgenden Länder wurden entfernt: Armenien, Österreich, Aserbaidschan, Weißrussland, Bermudas, Bhutan, Bolivien, Botswana, Burkina Faso, Burundi, Zentralafrikanische Republik, Tschad, Cook-Inseln, Tschechische Republik, Tschechoslowakei, Äthiopien, Demokratische Volksrepublik Äthiopien, Fidschi, Französisch Polynesien, Guam, Ungarn, Kasachstan, Kiribati, Kirgistan, Laos, Lesotho, Luxemburg, Mazedonien, Malawi, Mali, Marshall-Inseln, Mauritius, Mikronesien, Moldawien, Mongolei, Nepal, Niger, Nördliche Marianen, Palau, Palästina (besetztes Gebiet), Paraguay, Ruanda, Samoa, Serbien, Serbien und Montenegro, Slowakei, Swasiland, Schweiz, Tonga, Turkmenistan, Tuvalu, Uganda, Usbekistan, Vanuatu, Sozialistische Föderative Republik Jugoslawien, Sambia, Zimbabwe.
- 16) Siehe Anhang für eine vollständige Liste der Nachfrageparameter.
- 17) <https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb/dsd?Action=htmlpage&page=welcome>
- 18) Die verwendeten Daten berücksichtigen lediglich Meeresfänge der LMEs. Fänge aus Hochseefischerei, Aquakultur und Binnenfischerei werden nicht miteinbezogen.

Literatur

- Allison, E.H. et al.** 2012. Rights-based fisheries governance: from fishing rights to human rights. *Fish and Fisheries*, 13: 14-29. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2011.00405.x.
- Allison, E.H. et al.** 2009a. Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and Fisheries*. 10(2), 173-196 DOI: 10.1111/j.1467-2979.2008.00310.x.
- Allison, E.H. et al.** 2009b. Climate change and fisheries: a comparative analysis of the relative vulnerability of 132 countries. *Fish and Fisheries*, 10: 173-196.
- Anderson, J.L.** 1985. Market Interactions between Aquaculture and the Common-Property Commercial Fishery. *Marine Resource Economics* 2(1): 1-24. Crane, Russak & Company, Inc.
- Armington, P.** 1969. A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *International Monetary Fund Staff Papers*, XVI, 159-78.
- Asche, F. et al.** 2015. Fair Enough? Food Security and the International Trade of Seafood. *World Development*, 67: 151-160. DOI: 10.1016/j.worlddev.2014.10.013.
- Badjeck, M-C. et al.** 2013. The vulnerability of fishing-dependent economies to disasters. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1081 FIPI/C1081 (En)*.
- Béné, C. et al.** 2015. Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Security - The Science, Sociology and Economics of Food Production and Access to Food*, 7: 261-274.
- Beveridge, M.** 2013. Meeting the food and nutrition needs of the poor: the role of fish and the opportunities and challenges emerging from the rise of aquaculture. *Journal of Fish Biology*, 83 (4): 1067-1084.
- Beveridge, M., Phillips, M., Dugan, P. and Brummet, R.** 2010. Barriers to aquaculture development as a pathway to poverty alleviation and food security. In: *Advancing the Aquaculture Agenda: Workshop Proceedings*, OECD, 345-359.
- Blanchard, J.L. et al.** 2012. Potential consequences of climate change for primary production and fish production in large marine ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 367, 2979-2989.
- BMEI (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft)** 2015. Welternährung verstehen. Fakten und Hintergründe.
- Branch, T.A.** 2008. Not all fisheries will be collapsed in 2048. *Marine Policy* 32:38-39.
- Branch, T.A., Jensen, O.P., Ricard, D., Ye, Y., Hilborn, R.** 2010. Contrasting Global Trends in Marine Fishery Status Obtained from Catches and from Stock Assessments, *Conservation Biology*, 25 (4), 777-786.
- Britten, G.L. et al.** 2014. Predator decline leads to decreased stability in a coastal fish community. *Ecology Letters*. DOI: 10.1111/ele.12354.
- Byrd, R., Hribar, M. and Nocedal, J.** 1999. An interior point method for large scale nonlinear programming. *SIAM Journal of Optimization* 9 (4), 877-900.
- Byrd, R., Nocedal, J. and Waltz, R.** 2006. Knitro: An integrated package for nonlinear optimization. In: di Pillo, G., Roma, M. (eds.), *Large-Scale Nonlinear Optimization*. Springer, p. 35.
- Cheung, W.W.L. et al.** 2010. Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. *Global Change Biology* 16, 1: 24-35.
- Christensen, V. et al.** 2014. A century of fish biomass decline in the ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 512: 155-166.
- Cireira, X. and Masset, E.** 2010. Income distribution trends and future food demand. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365: 2821-2834. DOI: 10.1098/rstb.2010.0164.
- Clark, C.W.** 1991. *Mathematical Bioeconomics*. 2nd Edition. John Wiley & Sons. New Jersey.
- Clark, C.W., Munro, G.R. and Sumaila U.R.** 2005. Subsidies, buybacks, and sustainable fisheries. *Journal of Environmental Economics and Management*, 50(1), 47-58.
- Costello, C. et al.** 2016. Global fishery futures under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. DOI: 10.1073/pnas.1520420113.
- Costello, C. et al.** 2012. Status and Solutions for the World's Unassessed Fisheries. *Science*, 338: 517-520. DOI: 10.1126/science.1223389.
- Costello, C., Gaines, S.D. and Lynham, J.** 2008. Can Catch Shares Prevent Fisheries Collapse? *Science*, 321(5896): 1678-1681. DOI: 10.1126/science.1159478.
- Essington, T.E. et al.** 2015. Fishing amplifies forage fish population collapses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112(21), 6648-6652.
- Evans, L.T.** 1998. *Feeding the ten billion – Plant and population growth*. Cambridge University Press, 264 p.
- FAO Committee on Fisheries** 2014. Report of the fourteenth session of the Sub-Committee on Fish Trade. Bergen, Norway, 24-28 February 2014.
- FAO** 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

- FAO** 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- FAO** Fisheries and Aquaculture Department. Fisheries and aquaculture software. FishStatJ - software for fishery statistical time series. Rome. Updated 23 June 2015. [Cited 22 January 2016]. <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>
- FAO** Statistical database, <http://faostat3.fao.org/home/E>
- FAO** 2016a. Species Fact Sheet *Engraulis ringens*. <http://www.fao.org/fishery/species/2917/en>
- FAO** 2016b. Fishery and Aquaculture Country Profiles Indonesia. <http://www.fao.org/fishery/facp/IDN/en>
- FAO** 2016c. Fishery and Aquaculture Country Profiles Peru. <http://www.fao.org/fishery/facp/PER/en>
- Fenichel, E.P.** et al. 2016. Measuring the value of groundwater and other forms of natural capital Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 113 (9) 2382-2387; published ahead of print 8 February 2016. DOI: 10.1073/pnas.1513779113.
- Frid, C.L.J.** and **Paramor, O.A.L.** 2012. Food for Thought. Feeding the world: what role for fisheries? ICES Journal of Marine Science, 69: 145-150. DOI: 10.1093/icesjms/fsr207.
- Froese, R.** and **Proelss, A.** 2010. Rebuilding fish stocks no later than 2015: will Europe meet the deadline? Fish and Fisheries, 11: 194-202. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2009.00349.x.
- Grafton, R.Q.** et al. 2005. Incentive-based approaches to sustainable fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 63, 699-710.
- Grafton, R.Q., Kompas, T., Hilborn, R.** (2007): Economics of Overexploitation Revisited. In: Science 318, 1601.
- Hannesson, R.** 1983. Optimal Harvesting of Economically Interdependent Fish Species. Journal of Environmental Economics and Management, 10: 329-345.
- HLPE**, 2014. Sustainable fisheries and aquaculture for food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome 2014.
- Jennings, S.** et al. 2016. Aquatic food security: insights into challenges and solutions from an analysis of interactions between fisheries, aquaculture, food safety, human health, fish and human welfare, economy and environment. Fish and Fisheries. DOI: 10.1111/faf.12152.
- Kawarazuka, N.** and **Béné, C.** 2011. The potential role of small fish species in improving micronutrient deficiencies in developing countries: building evidence, 14: 1927-1938. DOI: 10.1017/S1368980011000814.
- Kelleher, K.** 2009. The Sunken Billions. The Economic Justification for Fisheries Reform. Sustainability Criteria for Fisheries Subsidies: The Latin American Context. 29-30 July 2009, Guayaquil, Ecuador. The World Bank.
- Kjesbu O. S.** et al. 2014. Synergies between climate and management for Atlantic cod fisheries at high latitudes. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 111 (9), 3478-3483.
- Lam, V.W.Y., Cheung, W.W.L., Swartz, W.** and **Sumaila, U.R.** 2012. Climate change impacts on fisheries in West Africa: implications for economic, food and nutritional security. African Journal of Marine Science 34(1):103-117.
- Martell, S.** and **Froese, R.** 2013. A simple method for estimating MSY from catch and resilience. Fish and Fisheries, 14:504-514.
- Merino, G.** et al. 2012. Can marine fisheries and aquaculture meet fish demand from a growing human population in a changing climate? Global Environmental Change, 22(4): 795-806. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2012.03.003.
- McClanahan, T., Allison, E.H.** and **Cinner, J.E.** 2015. Managing fisheries for human and food security. Fish and Fisheries, 16: 78-103. DOI: 10.1111/faf.12045.
- Mora, C., Myers, R.A., Coll, M., Libralato, S., Pitcher, T.J., Sumaila, R.U., Zeller, D., Watson, R., Gaston, K.J.** and **Worm, B.** 2009. Management Effectiveness of the World's Marine Fisheries. PLOS Biology, 7(6): 1-11.
- MRI** (Max Rubner-Institut) 2008. Nationale Verzehrsstudie II. Ergebnisbericht, Teil 2. Karlsruhe. https://www.mri.bund.de/fileadmin/MRI/Institute/EV/NVSII_Abschlussbericht_Teil_2.pdf
- O'Neill, B.C.** et al. 2015. The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century, Global Environmental Change. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004.
- Pauly, D.** et al. 2002. Towards sustainability in world fisheries. Nature, 418, 689-695.
- Pauly, D., Watson, R., Alder, J.** 2005. Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 360: 5-12. DOI: 10.1098/rstb.2004.1574.
- Pauly, D.** and **Zeller, D.** 2015. Catch reconstruction: concepts, methods and data sources. Online Publication. Sea Around Us (www.seaaroundus.org). University of British Columbia.
- Pauly, D.** and **Zeller, D.** 2016. Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. Nature Communications, 10244. DOI: 10.1038/ncomms10244.
- Quaas, M.F.** et al. 2012. Fishing industry borrows from natural capital at high shadow interest rates. Ecological Economics 82, 45-52.

Quaas, M.F. and Requate, T., 2013: Sushi or fish fingers? Seafood diversity, collapsing fish stocks and multi-species fishery management. *Scandinavian Journal of Economics*, 115(2): 381-422.

Quaas, M.F. et al. 2016. It's the economy, stupid. Projecting the fate of fish populations using ecological-economic modeling. *Global Change Biology*, 22(1): 1365-2486. DOI: 10.1111/gcb.13060.

Sea Around Us, www.seaaroundus.org. University of British Columbia.

Sherman, K. and Hempel, G. (Editors) 2009. The UNEP Large Marine Ecosystem Report: A perspective on changing conditions in LMEs of the world's Regional Seas. UNEP Regional Seas Report and Studies No. 182. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.

Smith, M.D. et al. 2010. Sustainability and Global Seafood. *Science*, 327: 784-786. DOI: 10.1126/science.1185345.

Squires, D. and Vestergaard, N. 2013. Technical Change and the Commons. *Review of Economics and Statistics*, 95(5), 1769-1787.

Sumaila, U.R. et al. 2012. Benefits of Rebuilding Global Marine Fisheries Outweigh Costs. *PLOS one*, 7(7). DOI: 10.1371/journal.pone.0040542.

Sumaila, U.R., Teh, L., Zeller, D. and Pauly, D. 2015. The global ex-vessel fish price database. In: D. Pauly and D. Zeller (eds.). *Catch reconstructions: concepts, methods and data sources*. Online Publication. Sea Around Us (www.seaaroundus.com). University of British Columbia.

Tacon, M. and Metian, M. 2013. Fish Matters: Importance of Aquatic Foods in Human Nutrition and Global Food Supply. *Reviews in Fisheries Science*, 21(1):22-38. DOI: 10.1080/10641262.2012.753405.

Thiao, D. et al. 2012. Economic dimension of the collapse of the 'false cod' *Epinephelus aeneus* in a context of ineffective management of the small-scale fisheries in Senegal. *African Journal of Marine Science* 34 (3): 305-311.

Thilstedt, S.H. et al. 2016. Sustaining healthy diets: The role of capture fisheries and aquaculture for improving nutrition in the post-2015 era. *Food Policy*, Vol 61, 126–131.

Thurstan, R.H. and Roberts, C.M. 2014. The past and future of fish consumption: can supplies meet healthy eating recommendations? *Marine Pollution Bulletin*, 89(1-2): 5-11. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2014.09.016.

Tilman et al. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671-677

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). *World Population Prospects: The 2015 Revision*, <http://esa.un.org/unpd/wpp/>

Voss, R., Quaas, M.F., Schmidt, J.O., Kapaun, U. 2015. Ocean acidification may aggravate social-ecological trade-offs in coastal fisheries. *PLoS ONE* 10(3): e0120376.

Voss, R. et al. 2011. Temperature change and Baltic sprat: from observations to ecological-economic modelling. *ICES Journal of Marine Science*, 68(6), 1244-1256.

Watson, R., Gaston, K. J., Worm, B. 2009. Management effectiveness of the world's marine fisheries. *PLoS Biology* 7 (6), e1000131.

World Bank 2008. The Sunken Billions. The Economic Justification for Fisheries Reform. Profish.

World Bank 2015. The Sunken Billions revisited.

World Bank: GDP. <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>

World Resources Institute, 2013. Creating a Sustainable Food Future.

A menu of solutions to sustainably feed more than 9 billion people by 2050. *World Resources Report 2013-14: Interim Findings*, http://www.wri.org/sites/default/files/wri13_report_4c_wrr_online.pdf

Worm, B. et al. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314, 787-790.

Worm, B. et al. 2009. Rebuilding Global Fisheries. *Science* 325 (5940), 578-585.

WWF 2015. Das große Wegschmeißen. Vom Acker bis zum Verbraucher: Ausmaß und Umwelteffekte der Lebensmittelverschwendung in Deutschland.

Danksagung

Der WWF möchte den folgenden Personen danken, die durch kritisches Feedback und wertvolle Hinweise bei der Erstellung dieser Studie sehr hilfreich waren:

Rolf Willmann (ehem. Fischereiexperte bei der Welternährungsorganisation FAO)

Edward H. Allison (Universität von Washington, Seattle)

Birgit Meade (Wirtschaftswissenschaftlerin, USA)

Rashid Sumaila (Fischereiökonomische Abteilung, Universität British Columbia, Vancouver)

Mark Prein, Anneli Ehlers (Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ)

100%
RECYCLED



Unser Ziel

Wir wollen die weltweite Zerstörung der Natur und Umwelt stoppen und eine Zukunft gestalten, in der Mensch und Natur in Einklang miteinander leben.

wwf.de | info@wwf.de

WWF Deutschland

Reinhardtstraße 18
10117 Berlin | Germany

Tel.: +49(0)30 311 777 0
Fax: +49(0)30 311 777 199