

Analyse 100

STUDIE

Wie der Klimawandel die Fischerei verändert

Auswirkungen auf die Ernährungsquelle Meer

Mitglied der actalliance

fair oceans

Brot für die Welt

Impressum

Herausgeber
Brot für die Welt
Evangelisches Werk für Diakonie
und Entwicklung e.V.
Caroline-Michaelis-Straße 1
10115 Berlin
Telefon +49 30 65211 0
kontakt@brot-fuer-die-welt.de
www.brot-fuer-die-welt.de

Fair Oceans
Bernhardstraße 12
28203 Bremen
Telefon: +49 421 720 34
contact@fair-oceans.info
https://fair-oceans.info/

Autor
Onno Groß
Redaktion
Kai Kaschinski (Fair Oceans)
Francisco Mari, Maike Lukow (Brot für die Welt)
V.i.S.d.P. Klaus Seitz
Lektorat Anna Groß, DEEPWAVE
Cornelia Wilß, passage - Agentur WeltThemen
Cover-Foto Harry Loges (Fair Oceans, Senegal, 2015)
Infografik Esther Gonstalla, Tina Strube
Layout Erdgeschoss Grafik

Art. Nr. 129 503 230

Spenden
Brot für die Welt
Bank für Kirche und Diakonie
IBAN: DE10 1006 1006 0500 5005 00
BIC: GENODED1KDB

Juni 2021

STUDIE

Wie der Klimawandel die Fischerei verändert

Auswirkungen auf die
Ernährungsquelle Meer

Inhalt

Vorwort **2**

Einleitung **3**

1. Die Bedeutung der globalen Fischerei **4**

1.1 Fisch als Wirtschaftsgut 4

1.2 Zustand der Fischbestände 7

1.3 Verbreitung der Fischbestände 8

2. Faktoren des Klimawandels in den Ozeanen **11**

2.1 Temperatur- und Meeresspiegelanstieg 12

2.2 Ozeanversauerung – das andere CO_2-Problem 14

2.3 Veränderung der Meeresströmungen 16

3. Fische im Temperaturstress **22**

4. Zunahme der Sauerstoffminimumzonen **28**

5. Versauertes Meerwasser **32**

6. Regionale Auswirkungen des Klimawandels **34**

6.1 Case Study A: Veränderungen in den westafrikanischen Meeren 34

6.2 Case Study B: Auswirkung auf den Pazifischen Thunfisch 35

7. Klimaschutz und Anpassung **38**

7.1 Klimaschutz: Erhalt des Blauen Kohlenstoffs 38

7.2 Anpassung: Erhalt der Küstenvielfalt 39

Nachruf auf Onno Groß **42**

Über den Autor **42**

Literaturverzeichnis **43**

Vorwort

Die globalen Folgen der Covid-19-Pandemie haben die sich verschärfenden Klimakatastrophe wieder in den Hintergrund gerückt. Dabei haben sich beide Krisen gerade für die ärmsten Bevölkerungsgruppen im Globalen Süden zu einem toxischen Cocktail vermengt, der ihre hohe Verwundbarkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels nochmals stark erhöht. Zusammen mit seinen Partnern hat Brot für die Welt in den letzten Jahren zahlreiche Analysen und Berichte zu den Auswirkungen der Klimakrise auf die Lebensbedingungen und die Rechte der Menschen im Globalen Süden veröffentlicht. Mit der vorliegenden Studie lenken Brot für die Welt und Fair Oceans nun den Blick auf die Folgen der Klimaveränderungen für die Fischerei und ihre bedeutende Rolle für die Welternährung.

Der Weltklimarat (IPCC 2019) hat mit seinem 2019 erschienenen „Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate“ (SROCC) alarmierende Erkenntnissen zum Anstieg des Meeresspiegels, der Temperaturen und der Versauerung der Ozeane vorgestellt. Während diese Prozesse bereits für sich eine große Gefahr für das Leben im Meer darstellen, haben sie in Kombination mit anderen Faktoren wie der Überfischung, dem hohen Nährstoffeintrag vom Land oder der Zunahme invasiver Arten das Potential, ganze Meeresökosysteme zu destabilisieren. Schon jetzt ist klar, dass wir die meisten Korallenriffe - samt ihrer zentralen Rolle für Biodiversität, Fischerei und Küstenschutz – schon bei einem globalen Temperarturanstieg von 1,5 Grad verlieren werden.

Auch die Welternährungsorganisation FAO bestätigt, dass die marinen Klimaveränderungen wie Sauerstoffabnahme, Versauerung oder Temperaturanstieg im Laufe dieses Jahrhunderts erhebliche Folgen für die Sicherung der Ernährung durch proteinreichen Meeresprodukte nicht nur an den Küsten haben werden. Dies betrifft momentan insbesondere die Menschen in den Entwicklungsländern entlang des Äquators. Hier sind die negativen Folgen schon jetzt oder recht bald zu spüren. Die Verbreitungsgebiete und die Größe der Fischbestände werden sich verändern, zusätzlich werden Küstenökosysteme massiv geschädigt. Je größer die Abhängigkeit der Länder und Küstenregionen vom Fisch als Nahrungs- und Einkommensquelle ist und je geringer die Möglichkeiten vor Ort sind, auf die Klimaveränderungen zu reagieren, umso dramatischer ist die existenzielle Bedrohung. Eine ganze Reihe von Entwicklungsländern, darunter viele Inselstaaten, zählt daher zur Gruppe jener Länder, die durch den marinen Klimawandel am stärksten gefährdet sind. Nicht nur die Ernährungssicherheit und die Einkommen, sondern auch die Küstensiedlungen selbst sind durch häufigere und höhere Fluten infolge der Klimaextreme bedroht. Mit den Inseln und Küstengebieten verschwinden auch Gemeinschaften, soziale Netzwerke, letztlich ganze Kulturen.

Diese Studie möchte dazu beitragen, dass die Folgen der Klimakatastrophe für den Fischfang als Nahrungs- und Einkommensquelle stärker in den Fokus entwicklungs- und klimapolitischer Diskussionen und Entscheidungen, insbesondere bei den UN-Klimaverhandlungen, rücken. Küstenbewohner:innen, Fischer und Frauen im Verarbeitungssektor machen vielerorts die Erfahrung, dass die Grenzen ihrer Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel bereits erreicht sind. Zudem stellen der Landverlust an den Küsten, die Zerstörung der Korallenriffe und die Wanderung von Fischschwärmen nach Norden oft irreparable Verluste dar, für die die betroffenen Menschen entschädigt werden müssen. Während die Industriestaaten sich verpflichtet haben, für die Minderung von Treibhausgasen und für Anpassungsprojekte Finanzmittel für Entwicklungsländer zur Verfügung zu stellen, weigern sie sich, für die Bewältigung von Klimaschäden oder die Entschädigung von klimabedingten Verlusten einen neuen Finanzierungsarm im Rahmen des Pariser Klimaabkommens zu schaffen. Die von und an den Weltmeeren lebenden Menschen werden mit den Folgen der Klimakrise alleine gelassen und können neben der ohnehin unterfinanzierten Nothilfe nur auf freiwillige Zusagen hoffen. Das versuchen wir im nationalen und internationalen politischen Lobbydialog gemeinsam mit unseren Partnern zu ändern.

Wir verdanken diese Studie dem Meeresbiologen Onno Groß, der im Jahr 2016 tödlich verunglückte. Der Text beruht auf seinen wegweisenden Vorarbeiten. Er wurde von seiner Frau Anna Groß mitlektoriert, sowie von Kai Kaschinski sorgfältig bearbeitet, ergänzt und aktualisiert und mit den Grafiken von Esther Gonstalla kongenial illustriert. Die Herausgeber sind allen Mitwirkenden zu großem Dank verpflichtet; sie haben gemeinsam dazu beigetragen, mit der Vollendung dieser von Onno Groß begonnenen Arbeit auch das Lebenswerk dieses leidenschaftlichen Meeresschützers zu würdigen.

Dr. Klaus Seitz
Leiter der Abteilung Politik, Brot für die Welt

Einleitung

„Nobody on the planet will be untouched by climate change.“

Rajendra K. Pachauri, Chairperson of the Intergovernmental Panel on Climate Change, März 2014

Der Klimawandel und seine Auswirkungen verändern auf spezifische Weise die Ökosysteme der Ozeane weltweit. Als verantwortliche Treiber für diese Prozesse sind verschiedene Faktoren auszumachen: steigende Wassertemperaturen, zunehmende Verschmutzung durch landseitige Extremwetterereignisse, Sauerstoffmangel in Küstengewässern sowie ein Anstieg des Meeresspiegels. Hinzu kommen die vermehrte Aufnahme von Kohlenstoffdioxid (CO_2) aus der Atmosphäre und die daraus resultierende Versauerung des Meerwassers sowie Veränderungen von Meeresströmungen, Windsystemen und Mikroklimata. All diese durch den Klimawandel bedingten Veränderungen der Ozeane und Meere haben auch Auswirkungen auf die marine Ökologie, die Fischbestände und damit auf die globale Ernährungssicherheit

Die Auswirkungen auf Fischereiwirtschaft und Aquakultur werden im globalen Süden voraussichtlich überwiegend negativ, in vielen Regionen sogar schwerwiegend sein. Bedeutsam ist vor allem, dass sich Fischvorkommen regional verlagern werden. In Folge der Ozeanversauerung können Schalentiere,auch in der Aquakultur, Schaden durch Deformationen nehmen oder vorzeitig sterben. Auch der Zustand sensibler Ökosysteme wie Mangrovenwälder, Seegraswiesen und Korallenriffe wird sich auf rasante Weise verschlechtern. Verschärft werden die Folgen des Klimawandels auf die Meere durch weitere sich gegenseitig verstärkende Faktoren wie Überfischung, Verlust von Lebensräumen und zunehmende Verschmutzung durch Müll und Schadstoffe. In manchen Regionen hat sich die Situation für die Küstenfischerei bereits deutlich verschlechtert. Immerhin auf einige Auswirkungen des Klimawandels kann sich die Bevölkerung mit Anpassungsmaßnahmen einstellen.

Als Reaktion auf den Anstieg des Meeresspiegels wird es unter anderem darauf ankommen, dass neue Maßnahmen für den Küstenschutz ergriffen werden. Entscheidend wird ebenfalls sein, den zusätzlichen klimaunabhängigen Belastungen wie etwa der Umwelt- und Meeresverschmutzung entgegenzuwirken. Auch das Management der Fangmengen, der Fanggeräte und gefangenen Fischarten gilt es anzupassen. Zudem muss das Tempo, mit dem sich Zonen ausdehnen, in denen Sauerstoffmangel herrscht, verlangsamt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Nährstoffeinträge, die vom Land ins Meer gelangen, drastisch reduziert werden.

Ein verstärktes nachhaltiges Fischereimanagement, die Stärkung der Kleinfischerei und die Einrichtung von Meeresschutzgebieten sind ebenfalls wichtige Gegenmaßnahmen, um die bevorstehenden Folgen des Klimawandels abzumildern. Klar ist aber auch: Den globalen umweltphysikalischen Auswirkungen der Ozeanversauerung und des Temperaturanstiegs auf die Meeresökosysteme ist mit einem Umdenken in der Fischerei kaum etwas entgegenzusetzen. Die durch den Temperaturanstieg hervorgerufene Verlagerung einiger Fischbestände in nördlichere Regionen beispielsweise kann in manchen Gebieten vielen Menschen ihre bisherige Erwerbs- und Nahrungsgrundlage rauben. Eine solche klimabedingte Verlagerung kann zukünftig gar fischereibezogene politische Konflikte auslösen.

1. Die Bedeutung der globalen Fischerei

Fisch und Meeresprodukte sind für viele Menschen eine wichtige Nahrungsquelle. Die gesamte Weltbevölkerung verbrauchte im Jahr 2018 rund 179 Millionen Tonnen marine Produkte, wobei die Aquakultur eingerechnet ist (FAO 2020). Zusammen mit den 327 Millionen Tonnen Fleisch, die 2018 produziert wurden, trägt der Verzehr von Fisch somit wesentlich zur weltweiten Versorgung mit tierischen Proteinen bei (OECD-FAO 2019). Insbesondere mit dem hohen Gehalt an Eiweißen, gesunden Omega-3-Fettsäuren und Vitamin A sowie lebenswichtigen Spurenelementen wie Eisen, Jod, Zink oder Selen ist Fisch ein wertvolles Lebensmittel.

Insbesondere in Entwicklungsländern ist Fisch oft die einzige verfügbare Quelle an tierischen Proteinen. Laut der Welternährungsorganisation FAO liefern Fisch und Meeresfrüchte für 3,2 Milliarden Menschen weltweit mindestens 20 Prozent des tierischen Proteins ihrer Ernährung. In einigen Ländern wie Bangladesch, Kambodscha, Gambia, Ghana, Indonesien, Sierra Leone, Sri Lanka und einigen kleinen Inselentwicklungsländern (Small Island Developing States, SIDS) stellt Fisch sogar die Hälfte und mehr der tierischen Proteine (FAO 2020). Außerdem reduziert die Fischerei den durch die industrielle Fleischerzeugung verursachten Druck auf Landflächen, die tierische Proteinproduktion durch die Fleischerzeugung beansprucht weit mehr als die Hälfte der Agrarflächen (vgl. Froehlich et al. 2018).

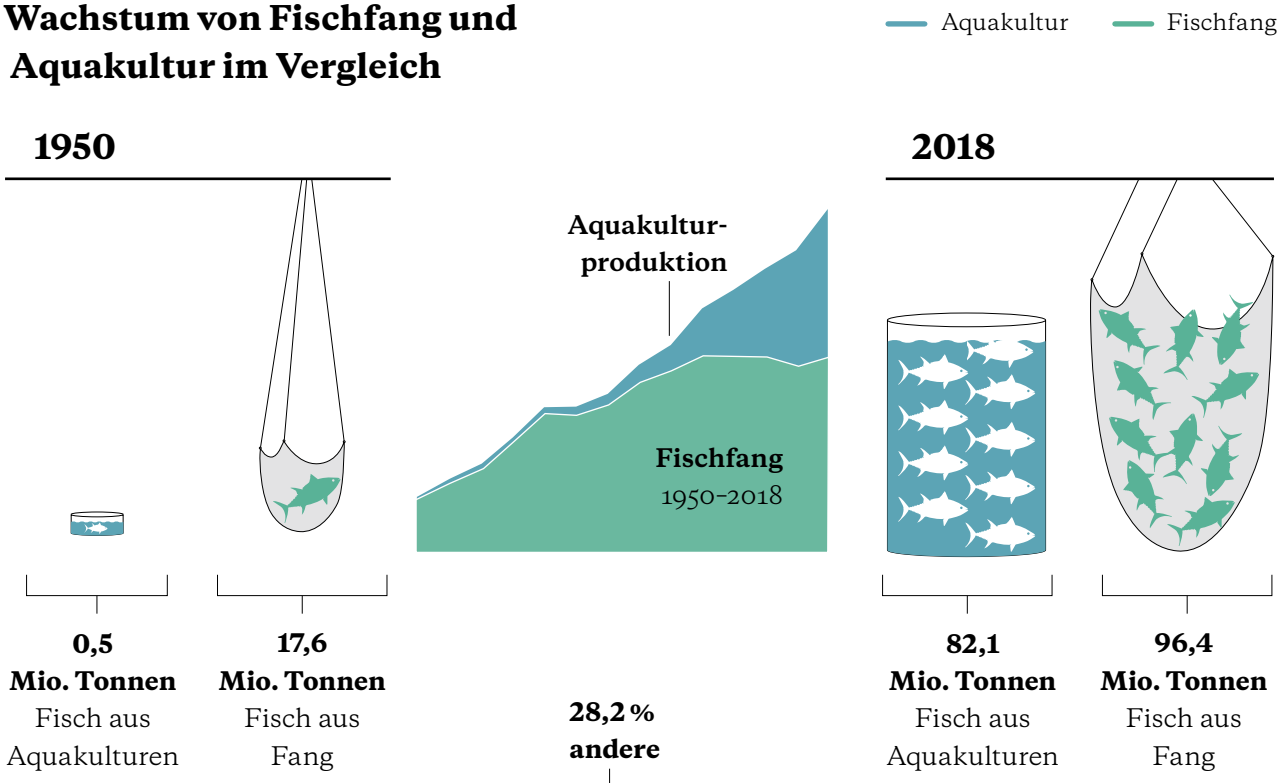
1.1 Fisch als Wirtschaftsgut

Fisch ist zudem ein wichtiges Handels- und Wirtschaftsgut. Man schätzt die Anzahl der Fischer und Fischerinnen weltweit auf etwa 60 Millionen Menschen; 90 Prozent von ihnen sind kleingewerbliche Fischer. Der Anteil von Frauen in der Fischerei ist mit 14 Prozent relativ gering, doch in der Verarbeitung und im Handel beträgt ihr Anteil bis zu 80 Prozent. Die meisten Fischer und Fischerinnen auf der Erde arbeiten in Asien (85 Prozent) (FAO 2018b). Rechnet man die beteiligten Familien, Zwischenhändler und Zulieferer hinzu, so sind rund 820 Millionen Menschen direkt oder indirekt von der Fischerei wirtschaftlich abhängig (FAO 2016).

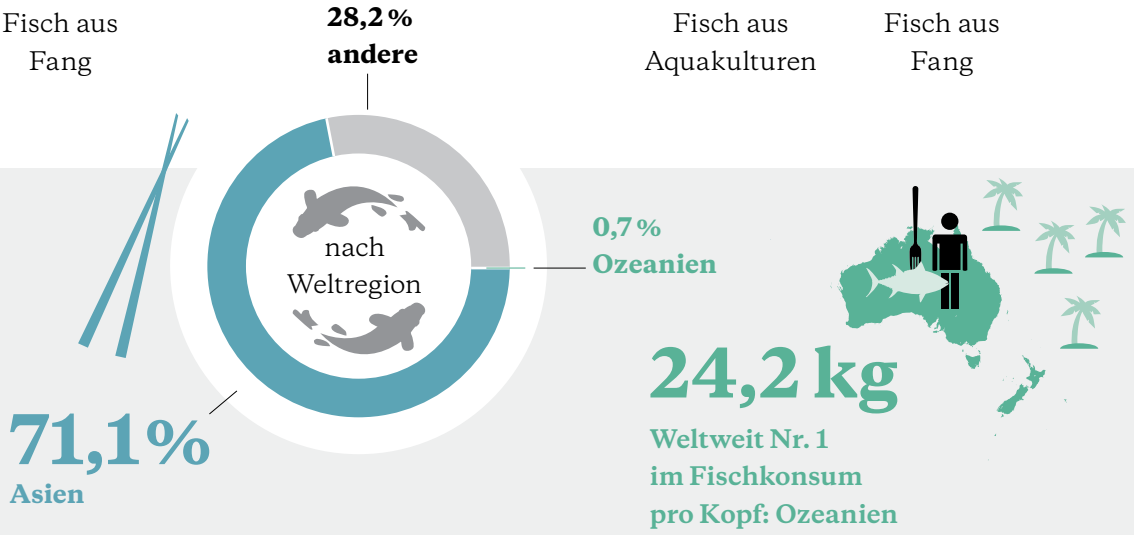
Es gibt weltweit schätzungsweise 4,6 Millionen Fischerboote, aber nur zwei Prozent der Boote sind länger als 24 Meter und taugen für industrielle Fischerei (FAO 2018b). Während in Kleinbetrieben die Jahresproduktion pro Beschäftigten bei 1,5 Tonnen Fisch liegt, werden zum Beispiel in der europäischen Industriefischerei pro Beschäftigten 25 Tonnen Fisch verarbeitet (World Ocean Review 2013). Die Kleinfischerei ist es, die im Wesentlichen die lokale Versorgung der Küstengemeinden im globalen Süden sichert. Die industriellen Flotten sind stärker exportorientiert ausgerichtet.

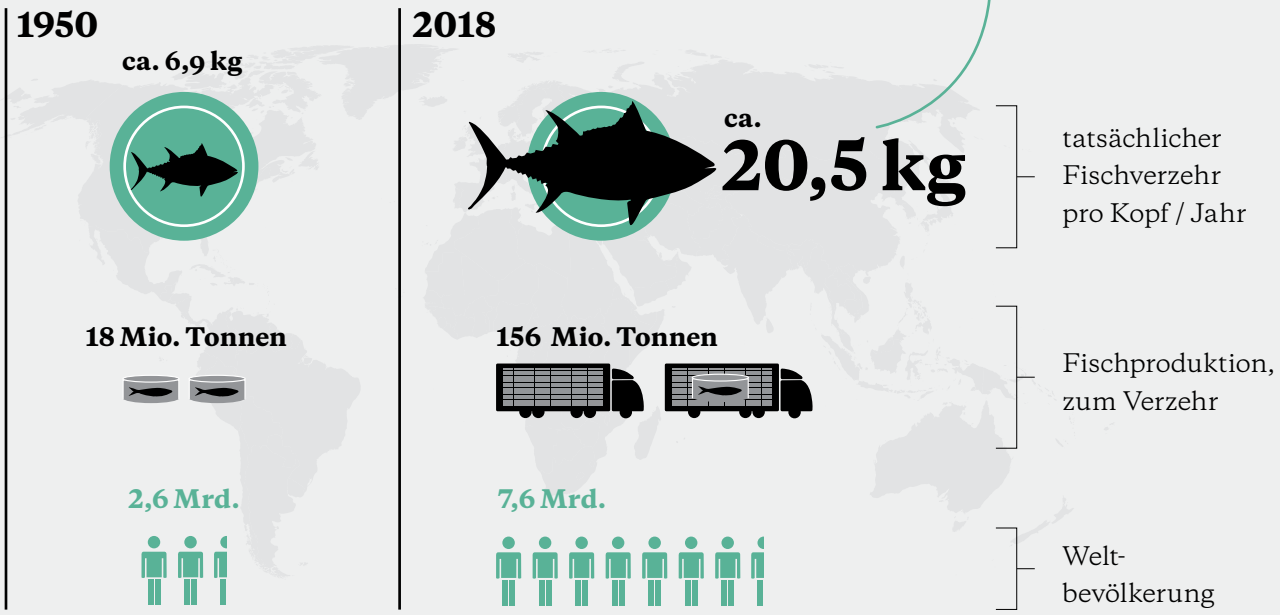
Im Jahr 2018 wurden insgesamt global 67 Millionen Tonnen Fisch exportiert, mit einem Wert von 164 Milliarden US-Dollar (FAO 2020). Der Export von Fisch und Fischprodukten ist insbesondere für Entwicklungsländer bedeutsam. Mit etwa 88 Milliarden US-Dollar ist Fisch das wichtigste Exportgut und stellt mehr Wertschöpfung für diese Länder her als die Handelsgüter Fleisch, Tabak, Reis und Zucker zusammen. Über 50 Prozent aller weltweiten Fischexporte stammen aus den Entwicklungsländern, Tendenz steigend (FAO 2020).

Wachstum von Fischfang und Aquakultur im Vergleich



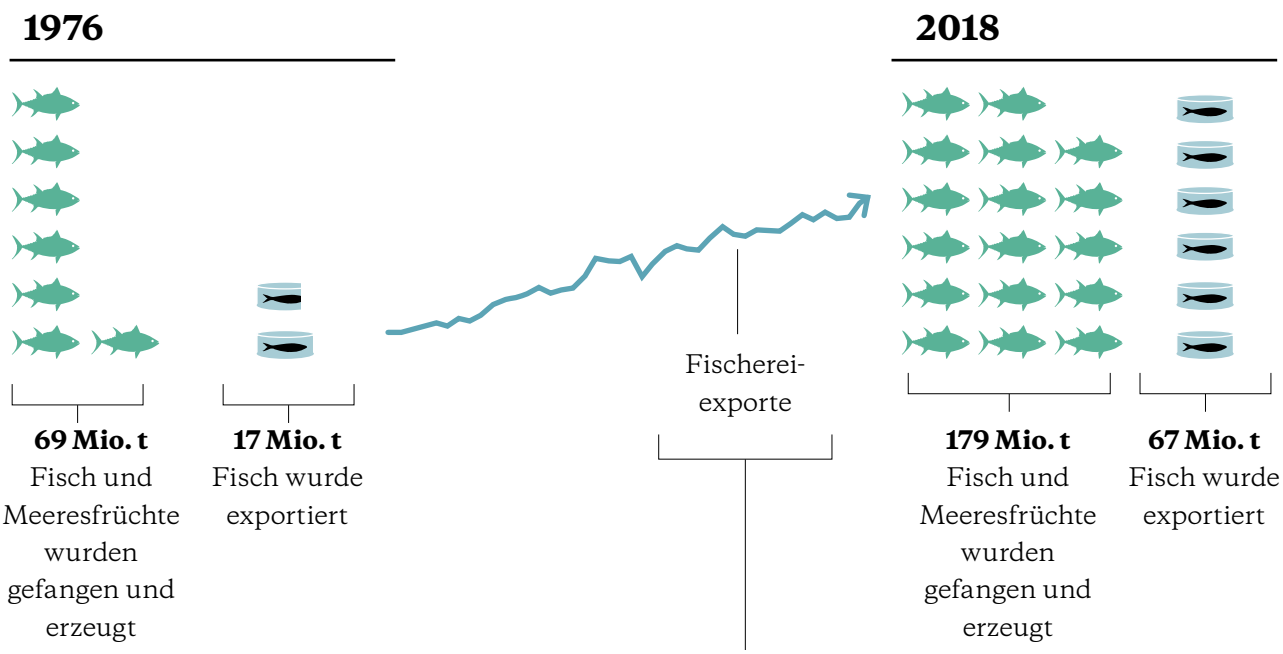
Globaler Fischkonsum

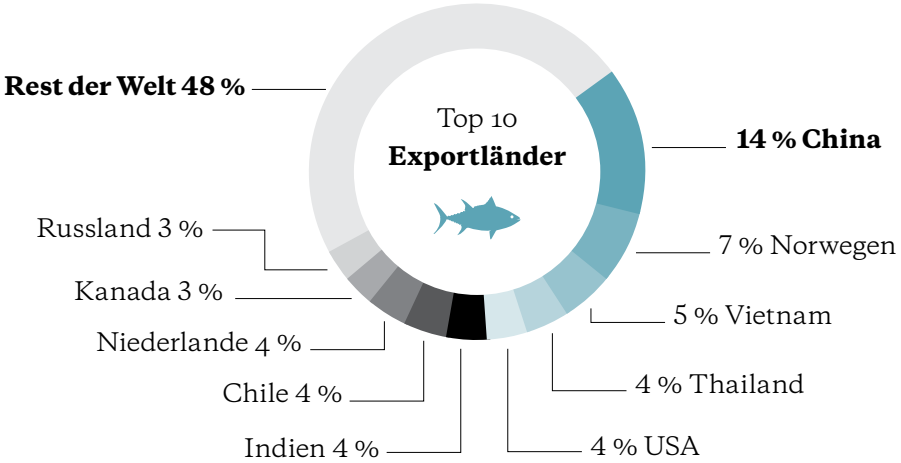




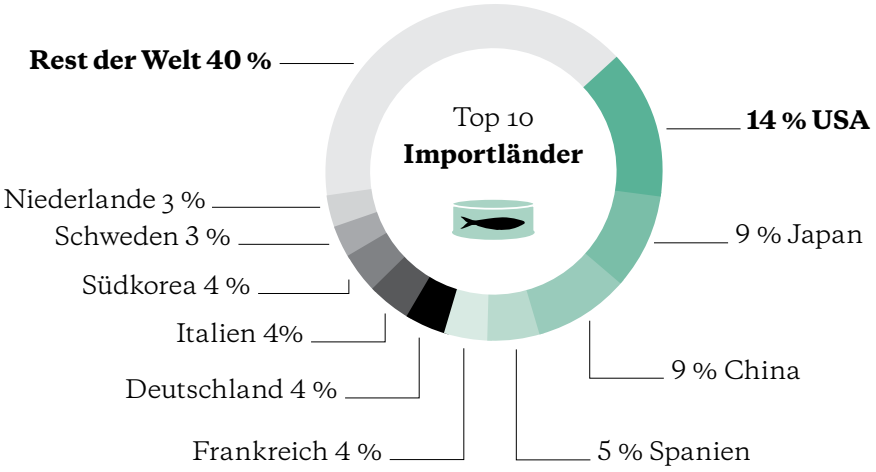
Quelle: FAO (2020)

Fisch als wichtiges Handels- und Wirtschaftsgut





88 Mrd. US-$
Wert der Fischexporte aller Entwicklungsländer (2018)



38 Mrd. US-$
Gewinn haben Entwicklungsländer 2018 mit dem Fischhandel erwirtschaftet, mehr als mit Fleisch, Tabak, Reis und Zucker zusammen.

Quelle: FAO (2020)

1.2 Zustand der Fischbestände

Die Meeresfischerei hat seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts deutlich zugenommen. Die Anlandungen stiegen von 16,8 Millionen Tonnen im Jahr 1950 auf 86,4 Millionen Tonnen im Jahr 1996, im Jahr 2017 hingegen erreichten die Fangmengen nur noch 80,6 Millionen Tonnen (FAO-FIGIS 2020b). Genutzt werden zunehmend nicht nur die küstennahen Fischbestände, von denen viele überfischt sind, sondern mit erhöhtem Aufwand auch küstenferne Bestände sowie Bestände in den Polarmeeren und in der Tiefsee. Bis zu 20 Millionen Tonnen der Fänge werden nicht direkt für den menschlichen Verzehr verbraucht, sondern als Fischmehl oder -öl verwendet.

Die FAO ordnet zur Erhebung ihrer weltweiten Daten etwa 500 Fischbestände 19 verschiedenen FAO-Fanggebieten zu, in denen die Fangmenge jeweils abnimmt, schwankt oder gleichbleibt. Legt man die offiziellen Zahlen der FAO 2018 zugrunde, so sind 33,1 Prozent der erfassten Bestände überfischt, 59,9 Prozent der Bestände werden bereits voll ausgeschöpft (gemessen am höchstmöglichen Dauerertrag, dem Maximum Sustainable Yield, MSY), und nur 10,5 Prozent der weltweiten Bestände können überhaupt noch höhere Fangerträge verkraften.

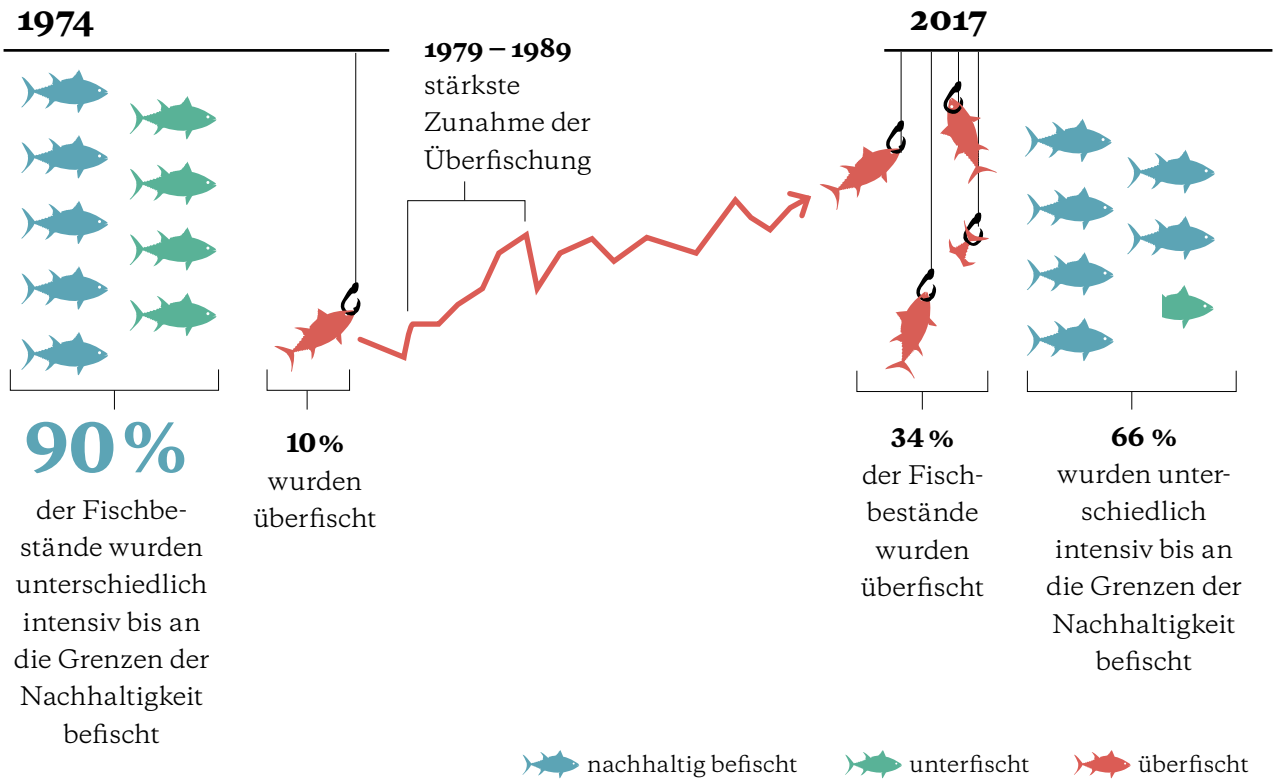
Im Durchschnitt konsumierte eine Person in Industrieländern im Jahr 2015 fast 25 Kilogramm Fisch; in Entwicklungsländern lag der Verbrauch bei etwa acht Kilogramm. Insgesamt ist der weltweite Pro-Kopf-Verbrauch seit den 1960ern von durchschnittlich 9,9 Kilogramm Fisch auf über das Doppelte (20,2 Kilogramm pro Kopf im Jahr 2015) gestiegen, in Schwellenländern sogar um das Dreifache (FAO 2018b, World Ocean Review 2013). Aufgrund der ungebrochenen, beständig zunehmenden Überfischung bleibt die Durchsetzung eines nachhaltigen Managements der Bestände auch in der Zukunft die grundlegende Aufgabe jeder Fischereipolitik. Das betrifft auch die „datenarmen" Fischereien in südlichen Entwicklungsländern. Das nachhaltige Fischereimanagement einiger Länder wie beispielsweise Namibia zeigt aber, dass es möglich ist, Fischbestände zu sanieren. Gelingt dies nicht, führt die Überfischung unweigerlich zum Niedergang der Fischerei und die sinkenden Erträge erhöhen die ökologischen, ökonomischen und sozialen Risiken.

Gut 90 Prozent der Erträge der Wildfischerei werden innerhalb der Wirtschaftszonen der Küstenstaaten erwirtschaftet, weniger als zehn Prozent stammen von der Hohen See (de Fontaubert/Lutchman 2003). Nimmt man die Fangmenge als Maßstab, so ist China seit Jahren die wichtigste Fischereination mit Anlandungen von 15,3 Millionen Tonnen im Jahr 2015 (OECD 2020). In absteigender Reihenfolge folgen auf China Indonesien, die USA sowie Russland, Peru und Indien. Die zehn bedeutendsten Arten der Meeresfischerei sind (Jahresfangmengen nach FAO 2018b):

Alaska-Pollack = Theragra chalcogramma
= Alaska pollock 3,476 Mio. t pro Jahr
Peruanische Sardelle (Anchovis) = Engraulis ringens = Anchoveta (=Peruvian anchovy) 3,192 Mio. t
Bonito-Thun = Katsuwonus pelamis
= Skipjack tuna 2,830 Mio. t
Sardinella = Sardinella spp. = Sardinellas nei
(nei = not elsewhere included) 2,290 Mio. t
Stöcker (Holzmakrele) = Trachurus spp.
= Jack and horse mackerels nei 1,744 Mio. t
Atlantischer Hering = Clupea harengus
= Atlantic herring 1,640 Mio. t
Japanische Makrele = Scomber japonicus
= Pacific chub mackerel 1,599 Mio. t
Gelbflossen-Thun = Thunnus albacares
=Yellowfin tuna 1,463 Mio. t
Atlantischer Kabeljau = Gadus morhua
=Atlantic cod 1,329 Mio. t
Japanische Sardelle = Engraulis japonicus
= Japanese anchovy 1,304 Mio. t

Dies spiegelt den tatsächlich dem Meer entnommenen Fisch jedoch nur teilweise wider, da der Fang, der nicht in die wirtschaftliche Lieferkette gelangt, der sogenannte „post-harvest-loss" (Verluste von Fisch durch Rückwurf nach dem Fang oder im Laufe von Verarbeitung, Transport oder Vermarktung, zum Beispiel durch fehlende Kühlketten oder Aussortierung in den Müll), in diesen Zahlen nicht berücksichtigt wird. Die FAO geht davon aus, dass der post-harvest-loss bis zu 35 Prozent der globalen Fischerei beträgt (Gustavsson et al. 2011). Da zudem die Fangdaten nicht immer ordnungsgemäß gemeldet und erhebliche Mengen durch illegale Fischerei gefangen werden, liegt die tatsächliche Fangmenge also vermutlich weit höher (vgl. Pauly/Zeller 2016).

Überfischung der Bestände nimmt zu



Quelle: FAO (2020)

1.3 Verbreitung der Fischbestände

Ein großer Teil der weltweiten Wildfische stammt aus Regionen mit schwankender Fangmenge wie dem Mittleren Ostatlantik, dem Südwestatlantik, dem Östlichen Pazifischen Ozean und dem Nordwestpazifik. Im Nordwestpazifik finden sich beispielsweise die großen Bestände der Japanische Sardelle, im Ostpazifik die Bestände der Peruanischen Sardelle. Diese kleinen Schwarmfische sind stark von den Strömungen in Auftriebsgebieten abhängig. In diesen Gebieten steigt nährstoffreiches Wasser aus der Tiefe auf und lässt Plankton gedeihen, welches die Nahrungsgrundlage vieler Fische ist. Schwächt sich die Strömung aufgrund von Klimaschwankungen ab, so verkleinert sich dieses Nahrungsnetz, und die Fischbestände schwinden (vgl. Kuhlbrodt et al. 2009).

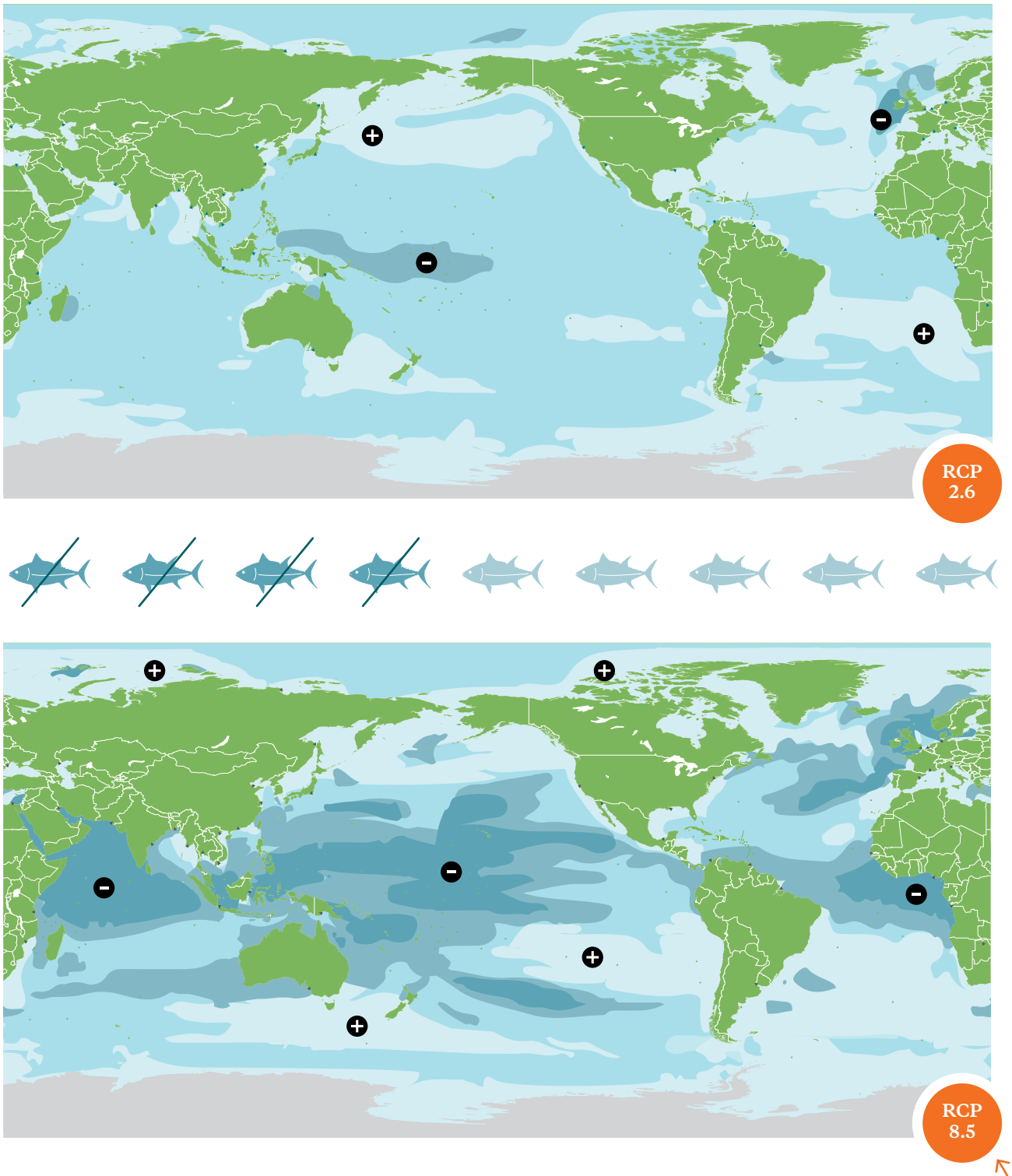
In den Regionen im Nordwestatlantik, im Mittleren Westatlantik, Südostatlantik und Südwestpazifik hat sich in den letzten Jahren, insbesondere seit 2009, die Fangmenge verringert, teils wegen geringerer Fischbestände, teils auch wegen der Fangbeschränkungen zu ihrem Schutz.

Einige Bestände im Südostatlantik sind eindeutig das Opfer von Überfischung geworden. So schrumpft der Bestand der Südafrikanischen Sardine (Sardinops ocellatus) seit 2004 kontinuierlich, und auch der Stöcker (Trachurus spp.) vor Angola und Namibia gilt seit 2009 als überfischt (World Ocean Review 2013). Etwas besser sieht es für die Seehechtbestände (Merluccius capensis) vor Namibia aus, die sich bedingt durch ein behutsames Fischereimanagement wieder langsam erholen. Besonders dramatisch schrumpfen weltweit die Populationen bei allen großen Raubfischen wie Rochen, Haien, Marlinen, Schwertfischen und einigen Thunfischarten, die insgesamt etwa 90 Prozent an Biomasse verloren haben (Myers/Worm 2003).

Die Länder der EU setzen jährlich eine Fangquote fest, um der Überfischung vorzubeugen oder sie einzudämmen. Diese beruht zwar auf den wissenschaftlichen Empfehlungen des Internationalen Rates für Meeresforschung (International Council for the Exploration of the Sea, ICES), wird aber oftmals aufgrund nationaler Interessen überschritten. Seit 2013 gilt außerdem in der EU die sogenannte Beifang-Verordnung; so muss seitdem jeder Fisch, auch von Nicht-Zielarten, angelandet werden, darf nicht wieder wie vorher üblich zurück ins Meer geworfen werden und wird auf die jeweilige Fangquote angerechnet. Eine sinnvolle Regelung, bei der es aber bisher an der Umsetzung mangelt.

Die Biomasse in den Ozeanen sinkt – je nach Szenario unterschiedlich stark

2085

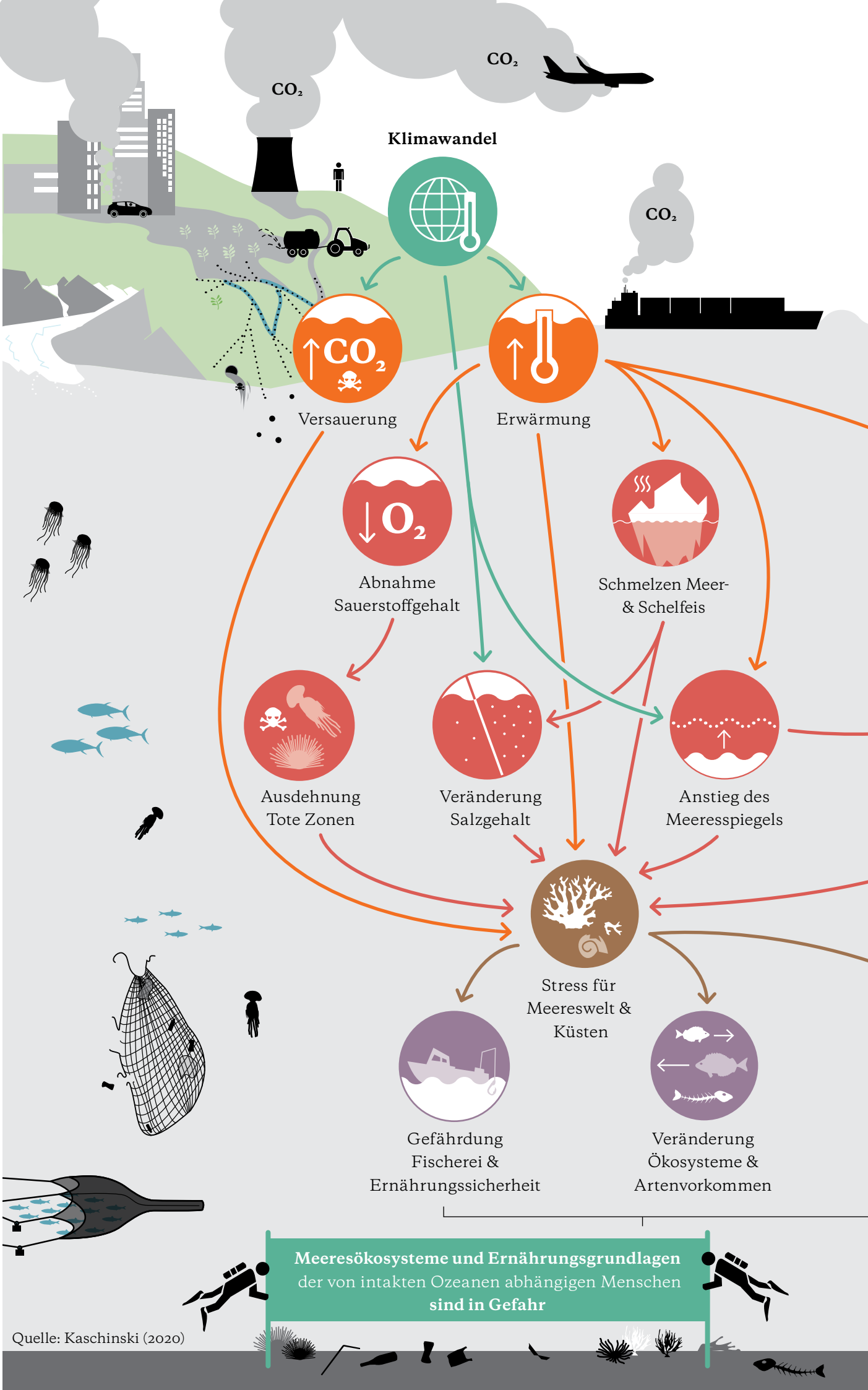


Zukunfts-Projektion der Biomasse nach RCP 2.6 und 8.5, für die Jahre 2085-2099 (relativ zu 1986–2005) in Prozent:
–50 bis –30% *–30 bis –20* *–20 bis 0* *>0 (Biomasse Zunahme)*

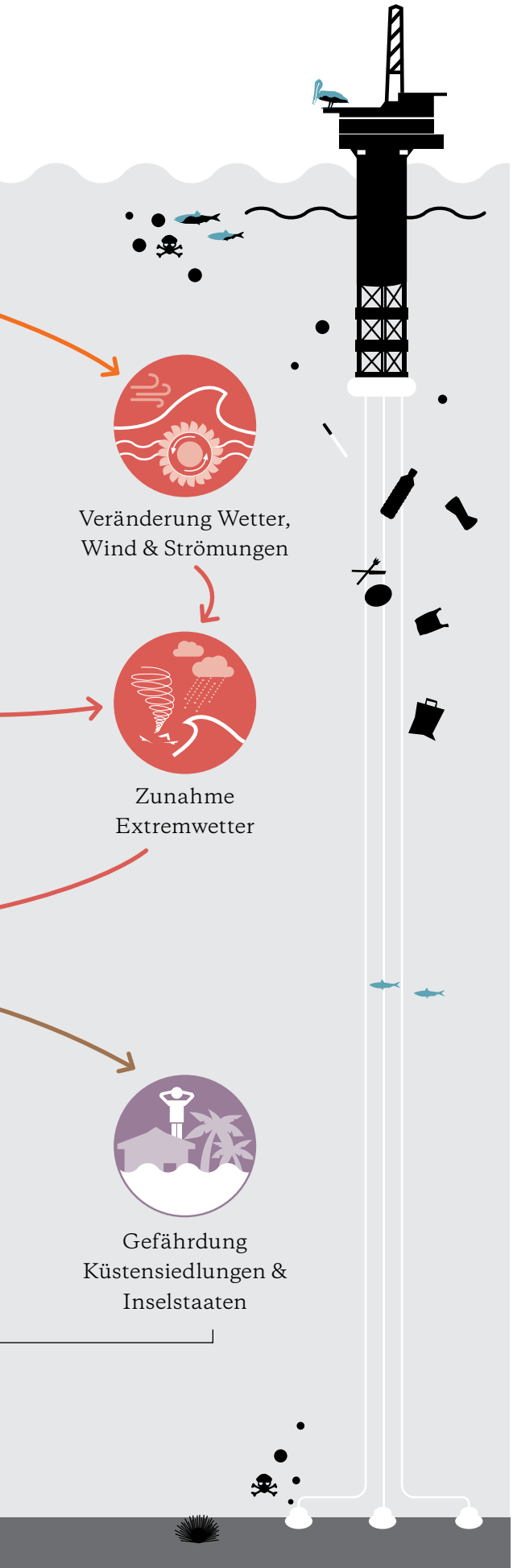
Im IPCC-Szenario RCP 2.6 wird durch drastischen Rückgang der Treibhausgas-Emissionen die globale Erwärmung unter 2 Grad gehalten, im »worst-case«- Szenario RCP 8.5 steigen die Emissionen kontinuierlich an.

Quelle: IPCC (SROCC, 2019)

RCP = Repräsentativer Konzentrationspfad

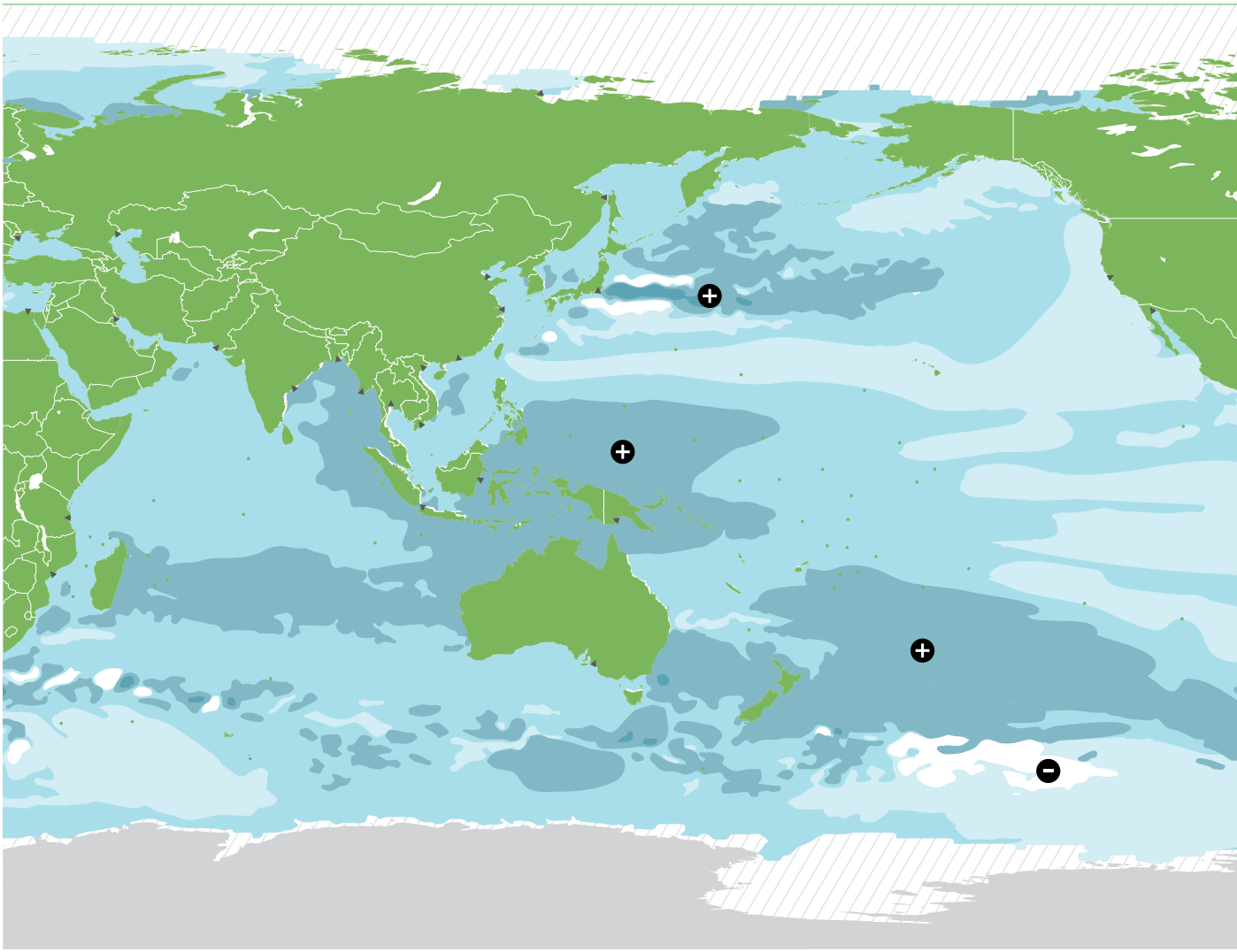


Quelle: Kaschinski (2020)



2. Faktoren des Klimawandels in den Ozeanen

Die Weltmeere spielen eine entscheidende Rolle im Klimageschehen und haben einen dementsprechend großen Einfluss auf den Verlauf des Klimawandels. So absorbierten sie laut dem IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen), auch Weltklimarat genannt, seit den 1970er Jahren etwa 93 Prozent der durch den Klimawandel zusätzlich erzeugten Wärmeenergie in der Atmosphäre (Pörtner et al. 2014, IPCC 2019). Außerdem hat der Ozean seit Beginn der Industrialisierung im Jahr 1750 etwa 28 Prozent des bisher emittierten Kohlenstoffdioxids aufgenommen, dies entspricht einer Menge von rund 2,5 Milliarden Tonnen jährlich (Le Quéré et al. 2013). Dieses Abpuffern des Klimawandels hat aber seinen Preis: Der Klimawandel hat hohe Wassertemperaturen, den Anstieg des Meeresspiegels, Sauerstoffmangelzonen, Versauerung und veränderte Meeresströmungen zur Folge. Dies wirkt sich erheblich auf Ökosysteme, Artenvielfalt und Verbreitung von Lebewesen aus. Insbesondere tropische Regionen wie etwa im Indo-Pazifik werden vom Klimawandel stark betroffen sein. In dieser Zone nördlich und südlich des Äquators liegen viele Entwicklungsländer, die von marinen Ressourcen abhängig sind und zugleich besonders stark den negativen Auswirkungen auf die Küstenregionen und Fischbestände ausgesetzt sein werden.



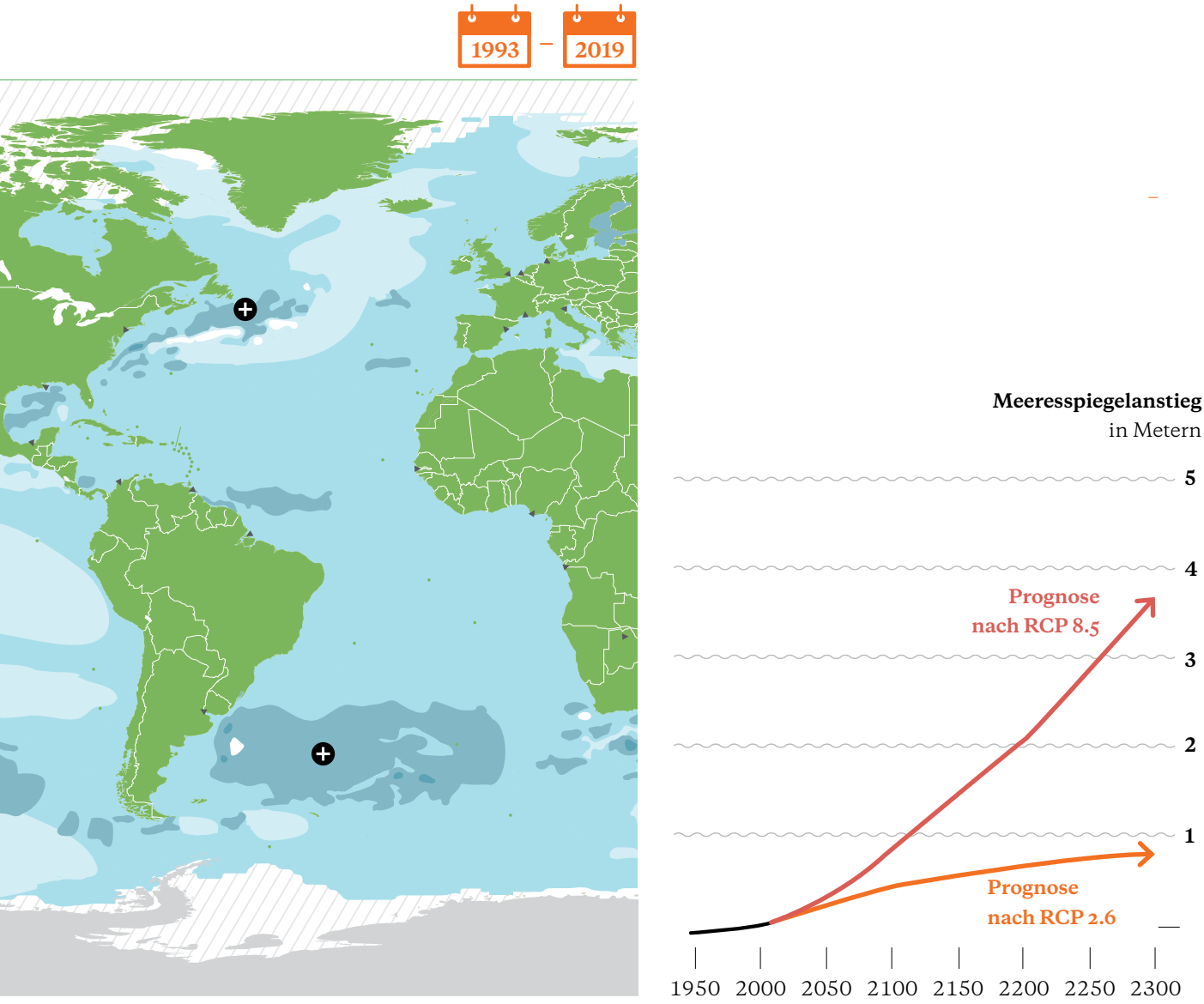
Meeresspiegelveränderungen in mm im Zeitraum von 1993 bis 2019

−10 bis 0 mm *−2 bis +2* *2 bis 4* *4 bis 9* *9 bis 10* *Meereis* ▶ *größte Flussdeltas*

2.1 Temperatur- und Meeresspiegelanstieg

Die Weltmeere werden stetig wärmer. Der Grund hierfür ist, dass ein Großteil der Erwärmung des bisherigen Klimasystems in die Ozeane abgeleitet worden ist. Seit den 1970er Jahren ist die globale Oberflächentemperatur der Meere pro Jahrzehnt um durchschnittlich 0,1 Grad Celsius gestiegen, insgesamt nunmehr um 0,4 Grad Celsius (Rhein et al. 2013, IPCC 2019). Im RCP 8.5-Szenario des Weltklimarats, also bei einer unveränderten Zunahme des Ausstoßes anthropogener Treibhausgase, könnte sich die Temperatur im Jahr 2090 um 2,6 Grad Celsius erhöht haben, in einigen Regionen um bis zu 4,8 Grad Celsius (Collins et al. 2013, IPCC 2019). Beobachteten Forscherinnen und Forscher bisher vor allem einen Temperaturanstieg in den oberen Wasserschichten (bis 700 Meter Tiefe), so werden sich noch in diesem Jahrhundert auch die tieferen Wasserschichten wesentlich erwärmen. Die größten Temperaturanstiege wurden in polaren und subpolaren Regionen im Nordatlantik, im Pazifischen Ozean vor der Südküste Japans sowie im Indischen Ozean vor der Südostküste Afrikas gemessen (Collins et al. 2013, IPCC 2019).

Die höheren Temperaturen haben eine thermische Ausdehnung der Meere zur Folge, da wärmeres Wasser ein größeres Volumen einnimmt. Dies ist einer der



Quelle: IPCC (2019)

Gründe dafür, dass der Meeresspiegel ansteigt. Eine weitere Ursache ist der landseitige Zufluss von Wasser aus den schmelzenden Gletschern (80 Prozent der Landeismassen sind auf dem Rückzug). So verliert der Eisschild auf Grönland beispielsweise jährlich Hunderte Milliarden Tonnen Eis, genug um den Meeresspiegel im Extremfall um sieben Meter steigen zu lassen. Im Vergleich zum letzten Jahrhundert ist der Meeresspiegel global um fast 20 Zentimeter angestiegen. In den letzten Jahren ist allerdings deutlich geworden, dass der Meeresspiegel schneller als bisher angenommen steigt. Heutige Schätzungen des IPCC, Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen, im Deutschen oft als „Weltklimarat" bezeichnet) gehen davon aus, dass er bis zum Jahr 2100 global um durchschnittlich 1,1 Meter ansteigen wird. Diese Schätzung lag 2013 noch bei 98 Zentimetern, 2007 sogar bei 59 Zentimetern (Church et al. 2013, IPCC 2019). Derzeit liegt die jährliche Anstiegsrate bei etwa 3,7 Millimetern (World Meteorological Organization 2019).

Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Meeresspiegel nicht an allen Orten der Erde gleichmäßig ansteigt. Zum einen spielen hier Meeresströmungen eine Rolle, zum anderen steigt der Meeresspiegel in Regionen mit hohen Wassertemperaturen ohnehin schneller an. Die Hoch-

Überflutungsgefahr durch Wetterextreme steigt



Länder und Inselstaaten mit >10 % Menschen in von Fluten gefährdeten Zonen im Jahr 2100

40 größte Deltas

hoch und extrem-Risiko-Deltas

1,65 Mrd.

Menschen waren in den letzten knapp 20 Jahren (2000–2019) von Flutereignissen entlang der Küsten und Flüsse betroffen, mehr als 100.000 sind dabei umgekommen. (nach UNDDR, 2019)



Bis zu 620 Mio.

Menschen (9,2 Prozent der Weltbevölkerung) werden im Jahr 2100 allein in den von Küstenfluten gefährdeten Gebieten leben. (nach Kulp, 2019)

Quellen: Edmonds (2020), Kuzma /Luo (2020), Kuenzer/Renaud (2012), Kulp (2019), Nicholls (2011), UN DESA (2018), UNDRR (2019)



Flussdeltas nehmen nur 0,5 % der Landfläche des Planeten ein, aber sie beherbergen rund 339 Millionen Menschen. 89% von diesen leben zugleich in den Zonen, in denen sich die meisten tropischen Stürme ereignen. (nach Edmonds, 2020)

84 %

von den 8 Mio. Menschen, die bereits 2030 zusätzlich von Küstenfluten bedroht sind, stammen aus nur 10 Ländern:

Bangladesch
Indien
Indonesien
Vietnam
China
Nigeria
Philippinen
Myanmar
Ägypten
Niederlande

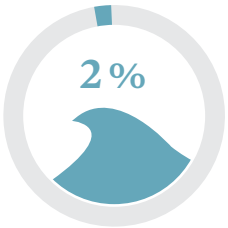
Küsten-Megacities und niedrig liegende Staaten im Meeresspiegelanstieg





75 %

der Landflächen der kleinen Inselentwicklungsländer werden bei 1 Meter Meeresspiegelanstieg untergehen.



Rund 2 % der globalen Landfläche und 14 % der Bevölkerung in Entwicklungsländern umfassen die von Überflutungen gefährdeten Küstengebiete*.

Quellen: Barbier (2015), Coalition for Urban Transitions (2019), Neumann (2015)



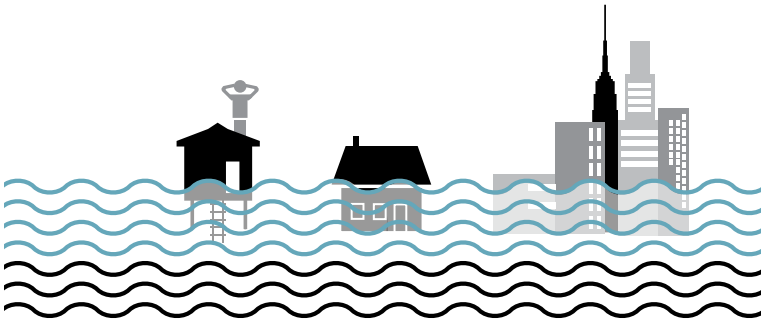
Länder mit den größten Bevölkerungsgruppen in niedrig liegenden Küstenzonen und alle 2030 am Meer gelegenen Megacities (>10 Mio.)*

- *mehr als 1 Mio. Menschen*
- *Landflächen*
- *Küsten-Megacity*
- *größte Flussdeltas*
- *Inselstaaten*

**0 bis 10 Meter über dem Meeresspiegel liegende Küstengebiete (LECZ – Low Elevation Coastal Zones)*

Bis zu **1,38** Mrd.

Menschen könnten im Jahr 2060 in den LECZs leben – derzeit verteilen sich die Bewohner:innen dieser Gebiete zu...



13 % auf ländliche Bereiche

26 % auf Vorstädte

61 % auf Stadtzentren

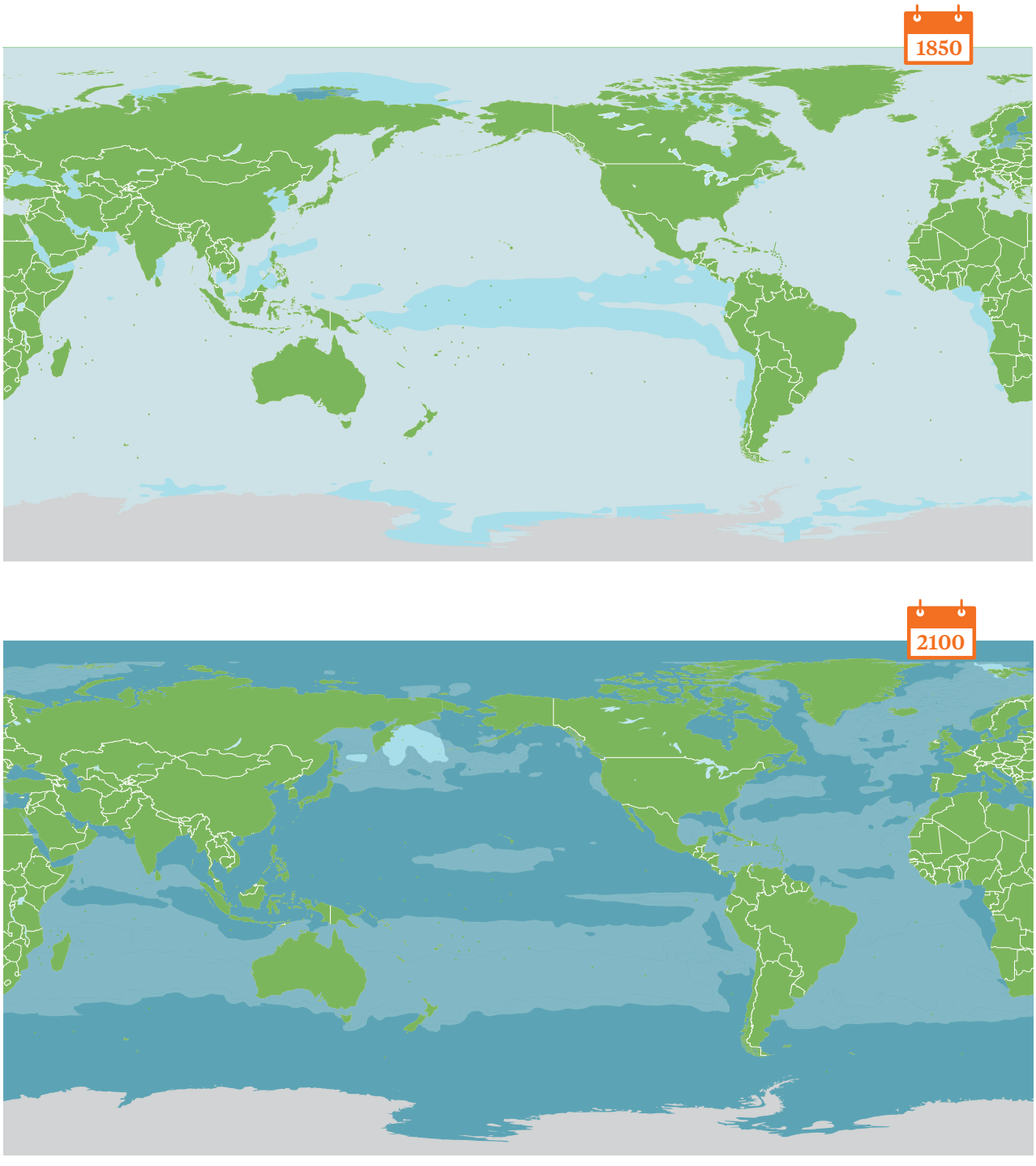
rechnungen des Weltklimarats besagen, dass die flachen Inseln im Indischen und Pazifischen Ozean bereits in den Jahren bis 2040 erheblich gefährdet sind; Anstiege zwischen 20 und 30 Zentimetern erscheinen bis dahin als wahrscheinlich (Nurse et al. 2014, IPCC 2019). Bereits ein relativ geringer Anstieg des Meeresspiegels kann auf die Inselstaaten folgenschwere Auswirkungen haben: Sturmfluten richten stärkere Schäden an, zerstören Siedlungen, Straßen, Bahnlinien. Äcker werden von Salzwasser überflutet, grundwasserführende Schichten verunreinigt. Die Schäden und Anpassungskosten können einen relevanten Teil des Bruttoinlandsprodukts der betroffenen Länder betragen.

2.2 Ozeanversauerung – das andere CO_2-Problem

24 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid nimmt der Ozean als Senke jeden Tag auf; er hat bisher etwa ein Drittel des seit Beginn der Industrialisierung freigesetzten CO_2 absorbiert und auf diese Weise die Auswirkungen des Klimawandels abgemildert. Steigt der Gehalt an Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre, gelangt ein Teil davon ins Meerwasser. CO_2 reagiert dort chemisch mit den Wassermolekülen zu Kohlensäure. Dadurch kommt es zu Verschiebungen in den Konzentrationen der sich von der Kohlensäure ableitenden Ionen Hydrogencarbonat (HCO_{3^-}) und Carbonat (CO_{2^-}).

Dieser Prozess wird als Ozeanversauerung bezeichnet. Durch die Aufnahme von CO_2 sinkt der pH-Wert des Meerwassers. Die pH-Skala gibt den Säuregrad von Lösungen auf Wasserbasis an: Ein pH-Wert unter sieben kennzeichnet eine Säure, bei Werten über sieben handelt es sich um eine Base. Der durchschnittliche pH-Wert in der durchmischten Oberflächenschicht des Ozeans ist seit dem Beginn der Industriellen Revolution um 0,1 Einheiten von 8,2 auf 8,1 gesunken. Dies entspricht einer Zunahme des Säuregrads um 26 Prozent gegenüber vorindustriellen Werten (Rhein et al. 2013, IPCC 2019). Die Versauerung verläuft somit zehnmal schneller als jemals seit dem Paläozän/Eozän-Temperaturmaximum, also in den vergangenen 55 Millionen Jahren (Hönisch et al. 2012). Setzt sich der CO_2-Ausstoß ungebremst fort, so wird sich der Säuregehalt bis zum Ende dieses Jahrhunderts mehr als verdoppelt haben, auf 7,8 Einheiten (Orr et al. 2005).

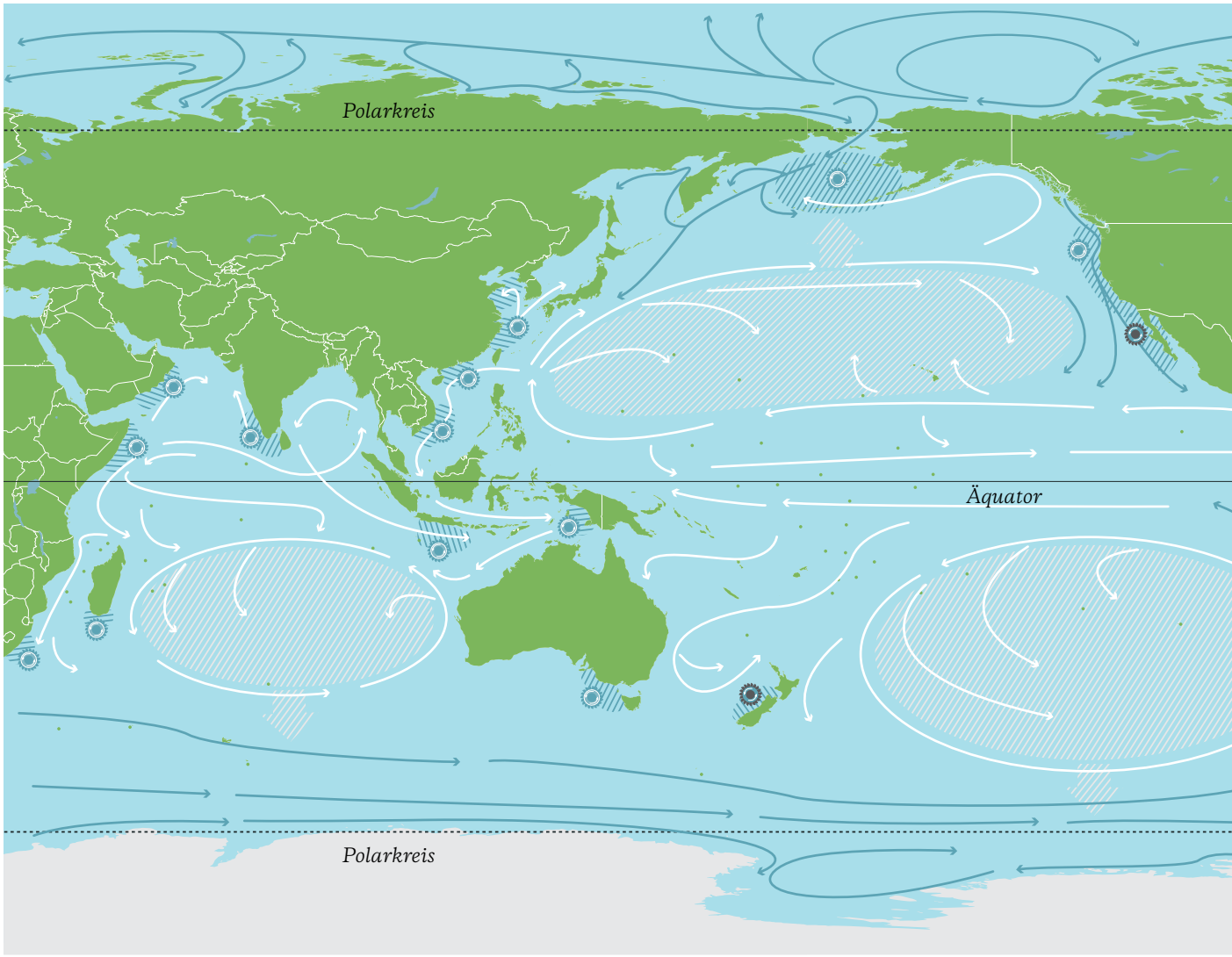
Die Versauerung stellt ein "erhebliches Risiko" für Meeresökosysteme dar, wie im 5. Weltklimabericht des IPCC gewarnt wird (vgl. Hoegh-Guldberg et al. 2014, IPCC 2019). Einige Arten wie etwa Seegras könnten selbst in saurerem Wasser gut gedeihen. Andere Arten und insbesondere kalkbildende Organismen aber werden unweigerlich um Anpassung kämpfen, weil ein saureres Milieu die Kalkproduktion erschwert. Die Schalen und Skelette vieler mariner Organismen bestehen entweder aus Calcit oder Aragonit, beides sind Formen von Calciumcarbonat. Organismen können ihre Schalen und Skelette besser aufbauen, wenn ausreichend Carbonat-Ionen im Wasser verfügbar sind – wenn das Wasser also übersättigt ist. Ungeschützte Schalen und Skelette lösen sich auf, wenn Carbonat-Ionen im Wasser knapp sind – es also untersättigt ist. Die niedrigen pH-Werte im Meerwasser sorgen für einen Mangel an Carbonat-Ionen und erschweren oder verhindern bei Korallen die Aragonit-Bildung ihrer Kalkskelette. Gleichzeitig trägt das saurere Wasser zur Auflösung der schon bestehenden Riffökosysteme bei. Die Ozeanversauerung betrifft jedoch nicht nur die Korallenriffe, sie kann in allen Meeresökosystemen zu Schädigungen führen. Des Weiteren wird die Fitness der Individuen spezifischer Arten beeinträchtigt. Die Wachstumsraten von Fischlarven können sich beispielsweise verlangsamen (vgl. Vargas et al. 2013). In der Konsequenz verändert sich die Artenzusammensetzung, wodurch Räuber-Beute-Beziehungen wie auch das gesamte Nahrungsnetz beeinflusst werden können. Letztlich sind die Stabilität der Systeme und die marine Artenvielfalt insgesamt gefährdet.



Ozeanversauerung – der pH-Wert der Ozeane:

7,6 bis 7,7 *7,7 bis 7,9* *7,7 bis 8,1* *>8,1*

Quelle: Ilynia/Stemmler (2017)

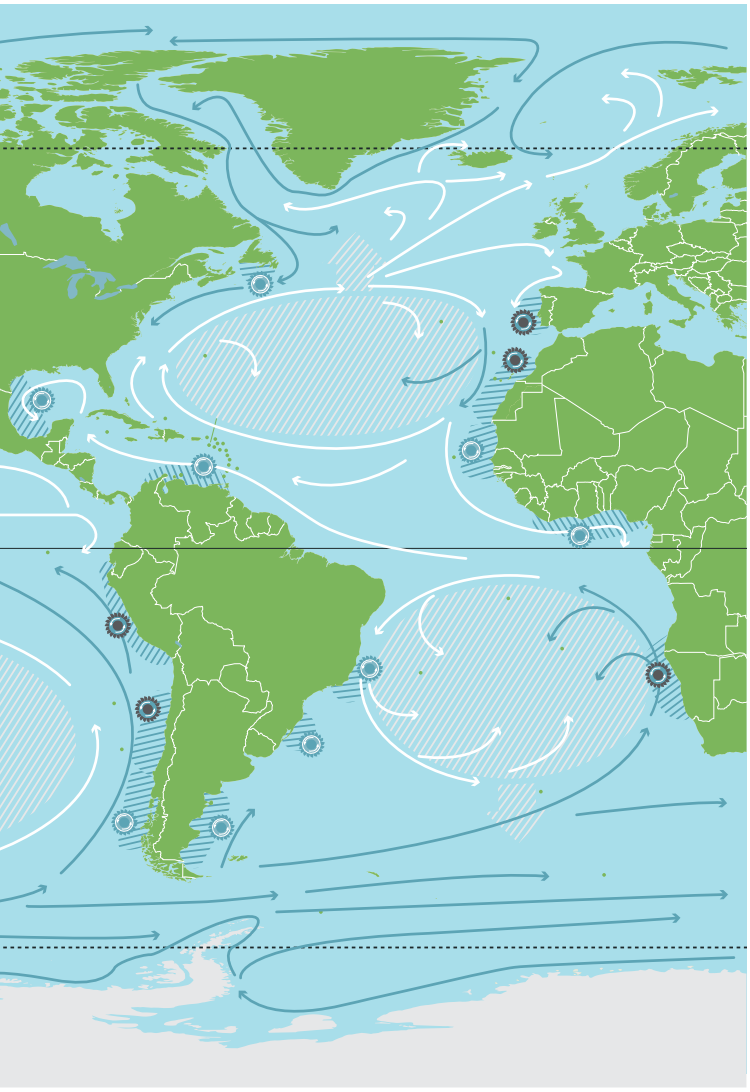


Meeresströmungen:
kalt *warm* *polwärts gerichtete Bewegung der Ozeanwirbel* *Auftriebsgebiete*

2.3 Veränderung der Meeresströmungen

Die Erhöhung der Wassertemperatur sowie die Zunahme von landseitigen Süßwassereinträgen in die Meere als Folge der Gletscherschmelze oder atmosphärisch verursachter Extremwetterereignisse können bewirken, dass sich das natürliche Gefüge an Wassermassen im Ozean verschiebt. Die Erwärmung der Meeresoberfläche ist allerdings trotz der höheren Wärmekapazität global gesehen geringer als die Erwärmung der Landfläche. Das liegt daran, dass sich die Wassermassen der Ozeane generell durchmischen und das Volumen des Wasserkörpers enorm ist, allein die mittlere Meerestiefe beträgt in etwa 3.800 Meter. Bisher hat sich dabei vor allem die obere Schicht von wenigen 100 Metern Tiefe in relevantem Umfang erwärmt, jedoch kann mittlerweile schon eine Erwärmung tieferer Wasserschichten nachgewiesen werden (vgl. Volkov et al. 2017). Die thermische Ausdehnung des Meerwassers wird noch Jahrhunderte andauern.

Die Meeresströmungen transportieren die Wärme aus den tropischen in die kälteren Regionen – die sogenannte thermohaline Zirkulation – und sorgen für eine ausgleichende Wirkung auf das Erdklima. Im Atlantik beispielsweise fließt warmes und salzreiches Wasser aus südlichen Regionen („Golfstrom“) in den oberen Meeresschichten nach Norden. Dort kühlt es sich im Winter ab und wird folglich dichter. Dieses Wasser sinkt am Ende des Winterhalbjahres ab und fließt als Tiefenwasser in einer mittleren Tiefe von etwa zwei Kilometern wieder südwärts. Insgesamt kann die thermohaline Zirkulation vom Absinken bis zur Wiederkehr etwa tausend Jahre dauern. Wenn sich jedoch in polaren Regionen vermehrt abschmelzendes Süßwasser aus den Gletschern in den



permantener Auftrieb *temporärer Auftrieb*

Quellen: Yang et al. (2020), Kaempf/Chapman (2016)

Oberflächenzonen ansammelt, kann dies die Bildung von kaltem Tiefenwasser verhindern. Die thermohaline Zirkulation würde also geschwächt werden.

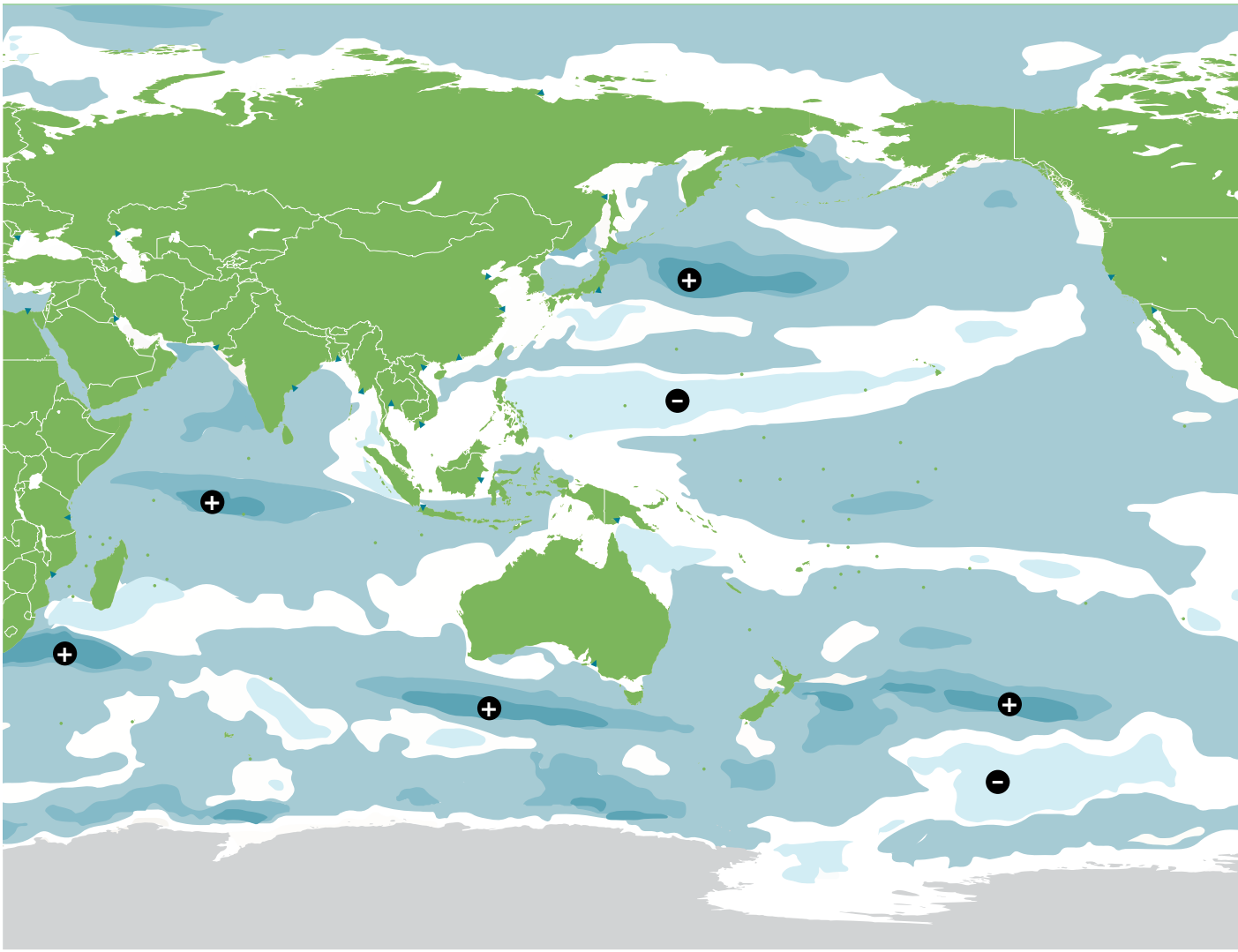
Ähnliche Prozesse, wenn auch in viel kleinerem Maßstab, wirken lokal auf küstennahe Meeresströme, wenn Starkregenereignisse die Durchmischung der Wasserschichten verhindern. Solche regionalen Ereignisse werden vermutlich durch den Klimawandel an Intensität und Häufigkeit zunehmen.

Ein häufigeres Auftreten wird ebenso für das sogenannte El Niño-Phänomen prognostiziert. El Niño – spanisch „das Christkind“ oder „der Knabe“ – bezeichnet einen Stillstand oder gar die Umkehr der normalen Meeresströmungen im südlichen Pazifik, ein Ereignis, das etwa alle drei bis sieben Jahre erfolgt, zuletzt im Jahr 2015/2016. El Niño hat zur Folge, dass die Auftriebsvorgänge, bei denen kaltes nährstoffreiches Tiefenwasser in höhere Wasserschichten gelangt, im südöstlichen Pazifik (beispielsweise im Humboldt-Strom vor Peru) stark abgeschwächt werden und so dem Plankton und in der Folge den planktonfressenden Fischen wesentliche Teile der Nahrungsgrundlage entzogen werden. Sein Gegenstück ist La Niña („das Mädchen“), welches die Windverhältnisse umkehrt und kaltes und produktiveres Meerwasser an die Oberfläche treibt und somit den Fischreichtum in den Gewässern erhöht.

Auch Benguela-, Kalifornien- und Kanarischer Meeresstrom sind solche vom Wind angetriebenen Auftriebsgebiete. Vor der Nordostküste im Arabischen Meer, vor der Küste Somalias sowie an der Küste Vietnams entsteht ein durch den Südwestmonsunwind getriebenes Auftriebssystem während des Nordsommers. Weitere vergleichbare Zonen finden sich zudem inmitten der Ozeane, dort wo warme und kalte Wassermassen aufeinandertreffen.

Kurzzeitiger Auftrieb kann sich zudem an allen Küsten bilden, wenn der Wind parallel zur Küste weht. Im Zuge des Klimawandels und der damit erhöhten Wärmeaufnahme der Meere verändern sich vermutlich diese Systeme. Einerseits könnte eine größere Temperaturdifferenz zwischen Land und Ozean die küstennahen Winde intensivieren, was stärkere Auftriebsereignisse zur Folge hätte. Andererseits kann jedoch der generell verringerte Temperaturgradient zwischen den Polen und dem Äquator zu einer Verringerung der äquatorialen, subtropischen und subpolaren Windzonen führen und damit auch zu einer verstärkten Ausprägung der Abstiegszonen im Meer. Solch eine Schwächung der Dynamik im offenen Meer lässt eine ausgeprägte thermische Schichtung (Thermokline) im Ozean entstehen, die den Nährstofftransport aus der Tiefe verringert. Weltweit hat die thermische Schichtung seit den 1970ern in den oberen Wasserschichten (bis 200 Meter) bisher als Folge des Klimawandels um vier Prozent zugenommen (Rhein et al. 2013, IPCC 2019). Ohne im Moment exakte Vorhersagen machen zu können, besteht die begründete Gefahr, dass die Folgen für die Ökosysteme und die Fischerei in den unterschiedlichen Auftriebsgebieten weitreichend sein werden. Erste Hochrechnungen gehen perspektivisch von einem Rückgang des Meeresauftriebs um sechs Prozent in einem 15 Breitengrad weiten Bereich am Äquator aus (Barange et al. 2009). In der Konsequenz würde das bedeuten, dass die globale biologische Produktivität in einem relevanten Maß abnimmt.

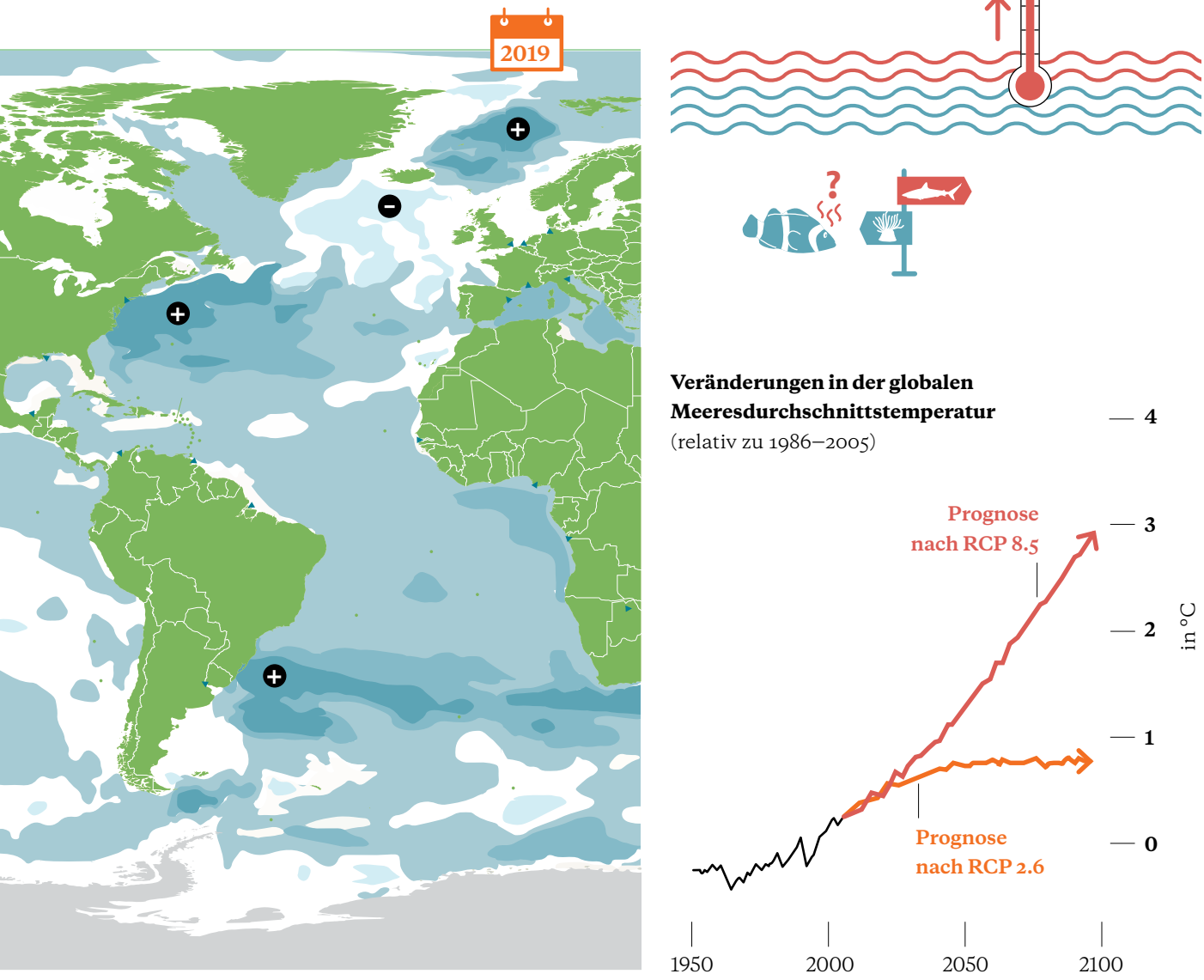
3. Fische im Temperaturstress



Ozeanoberflächentemperatur-Anomalien bis 2000 Meter Tiefe (im Vergleich zu 1981–2010) in Milliarden Joules m⁻² :
4 bis 2 *2 bis 1* *1 bis 0* *0 bis –4* *keine Veränderung*

Temperaturstress, erhöhter Meeresspiegel, die Versauerung der Ozeane, veränderte Meeresströmungen und, wie später noch deutlich werden wird, der zunehmende Sauerstoffmangel – die Umweltfaktoren des Klimawandels werden im marinen Milieu eine ganze Bandbreite an schwerwiegenden Auswirkungen zeigen. Trotz der regionalen Unterschiede wirken besonders die in Folge des Klimawandels erhöhten Meerestemperaturen direkt auf Meerestiere ein. Zum einen gibt es physiologische Grenzen, bei denen Wachstum und Reproduktion von Meeresorganismen reduziert werden. Zum anderen nimmt der Klimawandel Einfluss auf die Meeresökosysteme, was zu möglichen Störungen und Gebietsverschiebungen von marinen Arten führt. Die erhöhte Temperatur des Meerwassers steht zudem in Wechselwirkung mit der Ozeanversauerung und den Sauerstoffmangelzonen.

Jede Art hat im Ökosystem eine ökologische Nische eingenommen, für deren Gestalt die so genannte ökologische Potenz und Toleranz der jeweiligen Arten gegenüber den spezifischen Umweltbedingungen entscheidend ist. Ändern sich die Umweltbedingungen über die Toleranzgrenzen der Arten hinaus, ergeben sich negative Folgen für deren Überleben. Von den rund 30.000 bekannten Fischarten wurde eine Reihe von Arten untersucht, die zeigten, dass Anomalien im Ökosystem einen teilweise erheblichen Einfluss auf sie haben können. So beeinflussen die Auswirkungen von Temperaturstress die physiologischen Prozesse und somit Wachstum,

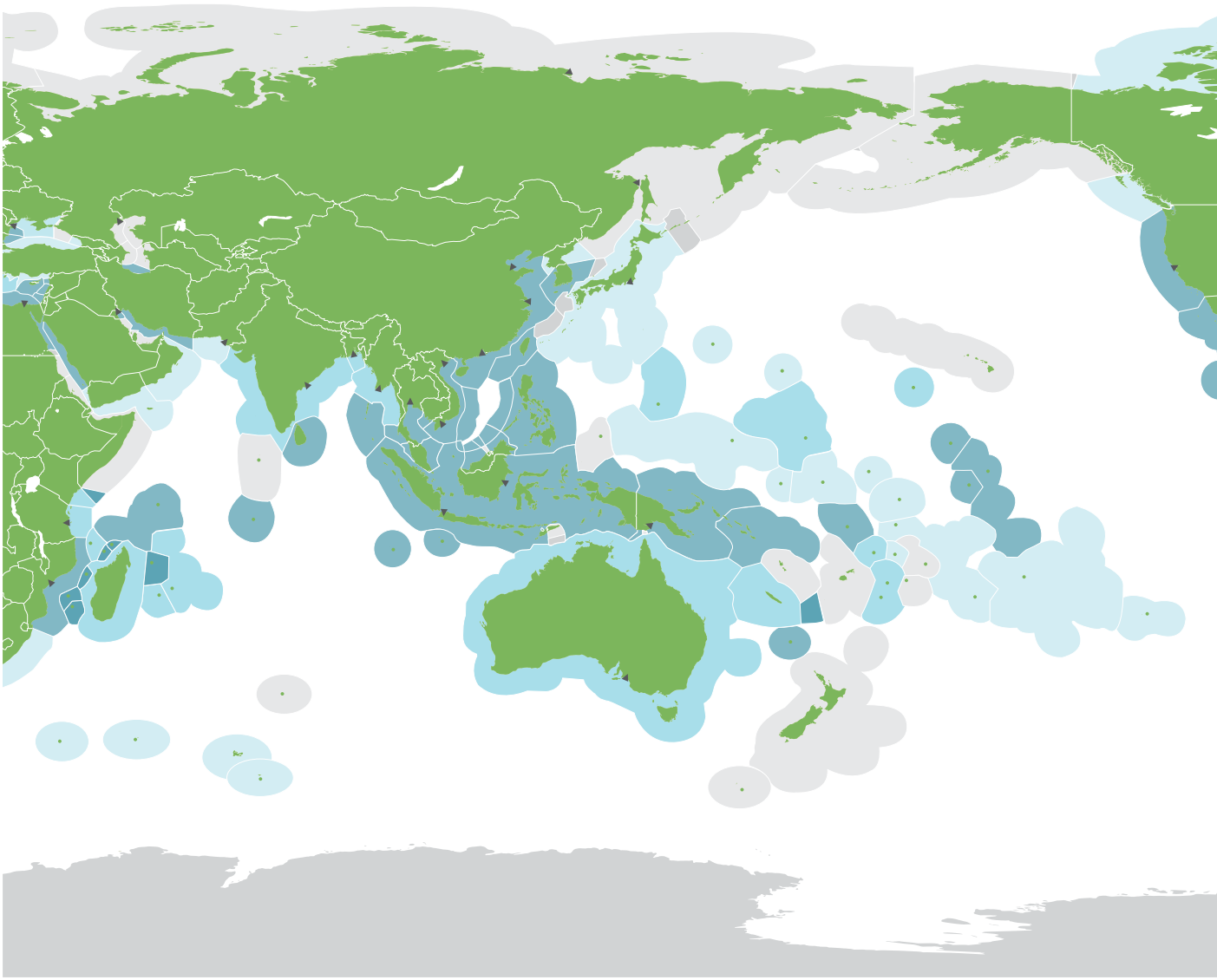


Quelle: IPCC (2019)

Körpergröße, Verhalten, Immunantwort, Ernährungsweise, Fortpflanzungserfolg und Artenverbreitung (vgl. Neubauer/Andersen 2019). Die Temperaturnische einer Fischart wird im Wesentlichen durch die Sauerstoffverwertung definiert: Im Normalfall gibt es eine optimale Verfügbarkeit von Sauerstoff und eine maximale Nutzung von Sauerstoff, auch als Konzept der „oxygen- and capacity-limited thermal tolerance“ bezeichnet. Wenn der Sauerstoff bei erhöhter Temperatur nicht mehr maximal nutzbar ist, beeinträchtigt dies die allgemeine Stoffwechselleistung, wodurch sich Wachstum, Fortpflanzung der Tiere und andere Faktoren verändern. Die Toleranz gegenüber extremen Temperaturen ist je nach Region und Art unterschiedlich ausgeprägt. Fische in den gemäßigten Breiten können auf Temperaturschwankungen zumeist gut reagieren, die polaren und tropischen Fischarten sind generell weniger flexibel. Sie leben bereits häufig am Limit ihrer Temperaturtoleranz, reagieren deshalb besonders sensibel auf entsprechende Veränderungen und ihre Anpassungsfähigkeit ist begrenzt. Letztendlich können betroffene Arten bei ungünstigen Bedingungen ganz verschwinden und das wiederum würde das gesamte Ökosystemgefüge, die Artenvielfalt und die auf die Ernährung bezogenen Wechselwirkungen (trophischen Wechselwirkungen) radikal verändern.

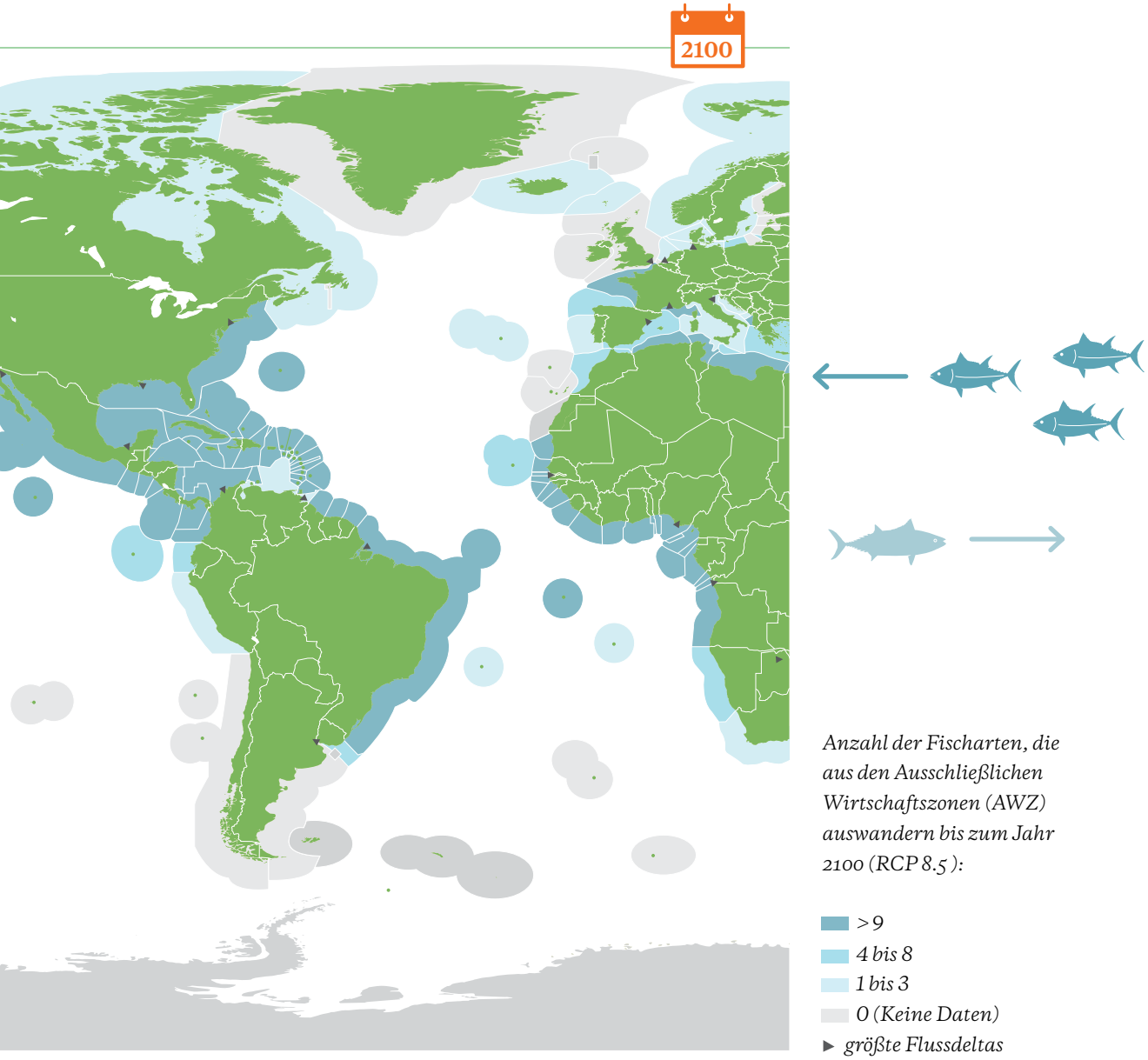
Eines der bekanntesten Beispiele für ein Versagen von

Wanderungen ins Ungewisse



Fischereimanagement und für den Zusammenbruch einer Fischerei mit all seinen gesellschaftlichen Folgen ist das Verschwinden des Atlantischen Kabeljaus (Gadus morhua) vor Neuengland. Obwohl sein Bestand seit 1970 dramatisch abnahm, wurde erst 1992 ein generelles Fangverbot des Atlantischen Kabeljaus für die industrielle Fischerei und dann 2003 auch für die handwerkliche Fischerei verhängt.

Die Bestände des Atlantischen Kabeljaus haben sich in der Region seitdem bis heute nicht erholt. Eine zentrale Ursache für dieses soziale und ökologische Desaster, das rund 40.000 Fischerinnen und Fischern den Job kostete, war zunächst ein zu hoher Fangdruck, der nicht hinreichend reguliert wurde und bis Anfang der 90er Jahre zu einer deutlichen Überfischung führte (vgl. Frank et al. 2016). Zudem konnte nachgewiesen werden, dass die sehr schnelle Erwärmung im Golf von Maine zwischen 2004 und 2013 ein Grund für die ausbleibende Erholung der Bestände war (Pershing et al. 2015). Die hohen Temperaturen bedingten eine deutlich verringerte Fortpflanzungsrate der Weibchen und somit eine geringere Zahl überlebender Jungfische. Das trug dazu bei, dass die Schutzmaßnahmen nicht griffen. Als dritter Faktor für die anhaltend stark verkleinerten



Quelle: Oremus et al. (2020)

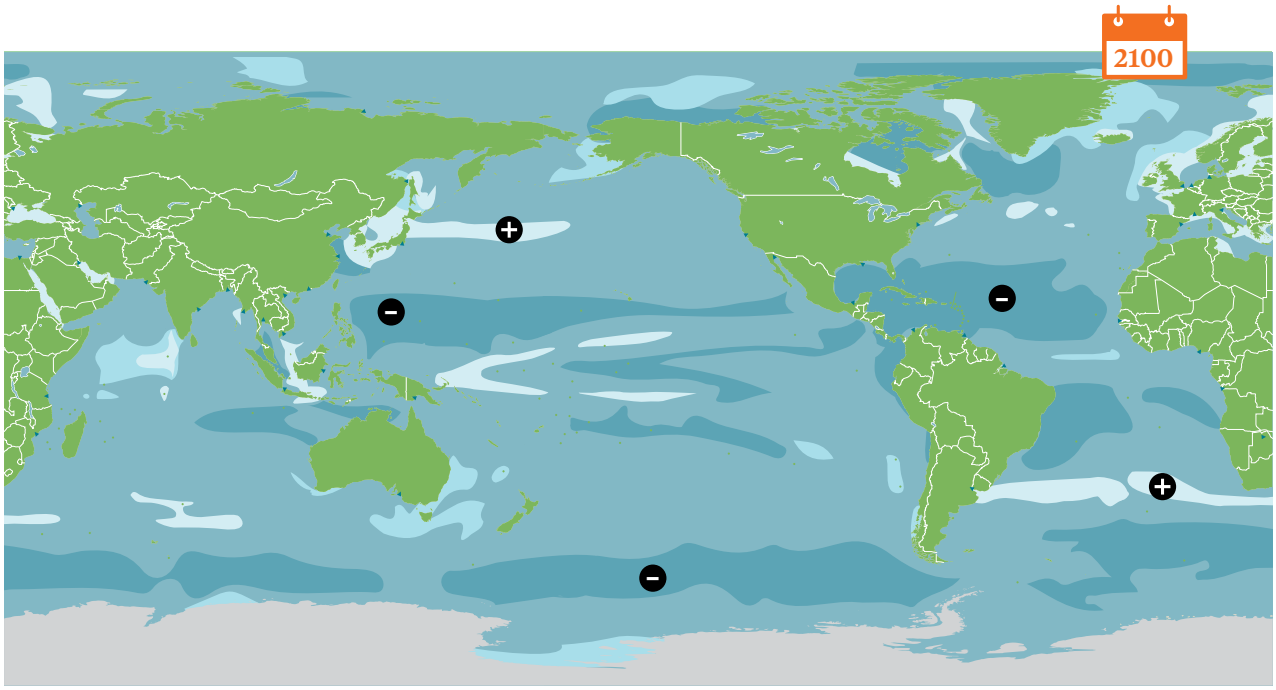
Kabeljau-Bestände gilt eine Räuber-Beute-Rückkopplung. Die Bestände der Plankton fressenden Beutetiere des Kabeljaus konnten sich deutlich vergrößern, während die Anzahl ihrer Räuber abnahm. Da diese Planktonfresser, wie die Lodde oder der Hering, sich unter anderem von den Larven des Kabeljaus ernähren, halten sie nun die Bestände ihres eigenen Räubers klein (vgl. World Ocean Review 2013).

Überfischung, Klimawandel und eine Störung des Nahrungsnetzes brachten so gemeinsam das marine Ökosystem an seinen Kipppunkt. Die rechtzeitige Analyse und Reaktion auf solche kumulativen Gefährdungslagen ist aller Wahrscheinlichkeit nach die zentrale Herausforderung für ein effektives Fischereimanagement in Zeiten der Klimakrise.

Vor Neuengland kam es schließlich zu einer dauerhaften Faunen-Verschiebung. Die Artenzusammensetzung der Meeresregion veränderte sich grundlegend. Auch für andere Fischpopulationen in den gemäßigten Breiten liegen bereits Hinweise für eine solche Faunen-Verschiebung als Folge des Klimawandels vor (vgl. Kuczynski et al. 2017).

Fischpopulationen, die unter Temperaturstress leiden, sind grundsätzlich dazu in der Lage, ihre Verbrei-

Die Artenvielfalt potentieller Fangarten nimmt großflächig ab



Zukunftsprojektion der Artenvielfalt nach RCP 8.5, für das Jahr 2100 (relativ zu 1970–2000) in Prozent:
−70 bis −30 % *−30 bis −10* *−10 bis 0* *> 0 (Zunahme der Artenvielfalt)*

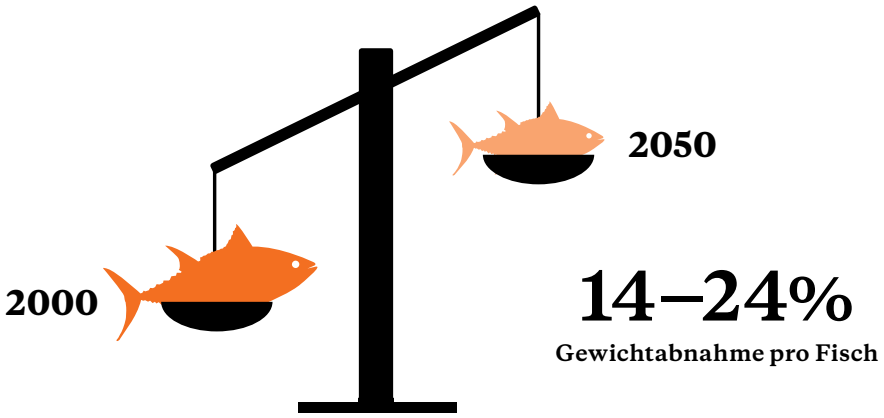
Quelle: Reygondeau (2019)

tung auszudehnen und sich neue Areale zu suchen. Das Verschwinden einer Fischpopulation ist also keineswegs zwangsläufig mit ihrem Aussterben gleichzusetzen. Es kann sich je nach Fall lediglich um eine Verschiebung des Verbreitungsgebietes handeln. Da diese Wanderungen im Wechselspiel mit der verfügbaren Nahrung an Plankton für die Larven, geeigneten Beuteorganismen und in Wechselwirkungen mit Räubern geschehen, sind sie allerdings nicht immer erfolgreich für die Art. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn geeignete Beuteorganismen im neuen Verbreitungsgebiet nicht oder nicht in ausreichender Menge zur Verfügung stehen.

Schnell können einzig und allein größere und aktive Schwimmer wie der Kabeljau auf sich verändernde klimatische Umweltbedingungen reagieren und in kältere Regionen auswandern. Diese haben meist ein pelagisches Laichverhalten; das heißt sie laichen im Freiwasser. Ihre Eier sind deshalb nicht an bestimmte Bodenstrukturen gebunden, sondern frei schwimmend in der Wassersäule, und größere Jungfische sind besser geeignet, die Lebensräume in den neuen kühleren Zonen zu kolonisieren.

Durch die Wanderung dieser Arten verschieben sich Verbreitungsgebiete und Artenzusammensetzungen, wodurch Nahrungsnetze ernsthaft gestört werden können. Einwandernde Arten sind zugleich invasive Arten, die das ökologische Gefüge ihrer neuen Habitate beeinflussen und in Konkurrenz zu den dort heimischen Arten stehen können.

In den tropischen Küstenregionen hingegen ist ein Ausweichen der Fischarten wegen ihrer engen Kopplungen an natürliche Lebensräume wie Mangrovenwälder oder Korallenriffe als Kinderstube selten möglich. Die tropischen Fischbestände lassen sich unterteilen in erstens bodenlebende (demersale) Fische, die eng mit den Riffen, Mangroven, Seegräsern oder Sandflächen verbunden sind, zweitens in küstennahe pelagische Fische wie Thunfische aber auch andere größere Arten wie Mahi-Mahi, Rainbow Runner, Wahoo und Marlin, und drittens in nahe der Gezeitenzone lebende Weichtiere und



Quelle: Cheung et al. (2015)

Küstenorganismen (vgl. Pratchett et al. 2011). Die bodenlebenden Fische werden wiederum in drei Gruppen unterscheiden: in spezialisierte Korallenfresser und echte Korallenbewohner, in riffassoziierte Fische und in Generalisten. Besonders jene demersalen Spezialisten unter den Fischen werden Leidtragende des Klimawandels werden, wenn ihr Habitat, also ihr bisheriger natürlicher Lebensraum, verschwindet. Hochrechnungen gehen von einem Schwund der riffassoziierten Fischbestände von 20 bis 80 Prozent bis zum Ende des Jahrhunderts aus, im Vergleich dazu liegt der Schwund bei demersalen Generalisten bei 10 bis 20 Prozent, wohingegen die Gruppe der korallenabgängigen Spezialisten 2100 bereits ausgestorben sein könnte (Bell/Taylor 2015).

Auch in diesem Zusammenhang können die ökologischen Folgen also gravierend sein. Die Ökosysteme müssen in der Lage sein, sich wandeln zu können ohne ihre Stabilität zu verlieren. Unter anderem ist dies eine Zeitfrage beziehungsweise eine Frage der Geschwindigkeit, mit der diese Prozesse ablaufen. Generell sind Ökosysteme wandelbar, aber ihre jeweilige Struktur setzt den Veränderungsprozessen spezifische Grenzen, die Punkte, an denen das Ökosystem kippt.

In der Konsequenz beeinflussen diese Veränderungsprozesse in der Verteilung der Fischbestände die Zusammensetzung der Fänge in den Fischereigebieten der jeweiligen betroffenen Nationen. Bei einem angenommenen Zwei-Grad-Erwärmungsszenario nehmen die Fischbestände in den Hohen Breiten um 30 bis 70 Prozent zu, in den Tropen hingegen sinken sie um 40 bis 60 Prozent (vgl. Pörtner et al. 2014, IPCC 2019). Es sind diese gegensätzlichen Dynamiken im Globalen Süden und Norden, die entwicklungspolitisch äußerst kritisch bewertet werden müssen. Auch hier wird eine Zeitfrage bedeutsam. Es stellt sich die Frage, mit welcher Geschwindigkeit sich die lokale Fischereiwirtschaft an die neuen ökologischen Gegebenheiten anpassen kann.

»Die Anwendung dieser beiden Modelle (RCP 2.6 und RCP 8.5; Red.) führte zu Prognosen, die darauf hindeuten, dass das maximale Fangpotenzial in den Ausschließlichen Wirtschaftszonen (AWZs) der Welt bis 2050 (im Vergleich zu 2000) unter RCP 2.6 zwischen 2,8 Prozent und 5,3 Prozent oder unter RCP 8.5 zwischen 7,0 Prozent und 12,1 Prozent sinken dürfte. Werden diese Prognosen zeitlich ausgedehnt, ändert sich der prognostizierte Rückgang bis 2095 unter RCP2.6 nicht wesentlich, wird aber bis 2095 unter RCP 8.5 mit zwischen 16,2 Prozent und 25,2 Prozent erheblich höher veranschlagt. Diese prognostizierten Rückgänge, mit Ausnahme der letzteren, scheinen auf globaler Ebene nicht besonders groß zu sein und weisen einen großen Schwankungsbereich auf, aber die projizierten Veränderungen zeigten erhebliche Unterschiede zwischen den Regionen und die Auswirkungen könnten daher für einige Regionen deutlich größer sein. Die stärksten Rückgänge sind in den AWZs der Länder der Tropen zu erwarten, vor allem in den südpazifischen Regionen.

Für das Fangpotenzial im gemäßigten Nordostatlantik wurde ebenfalls von heute bis in die 2050er Jahre eine Abnahme des Fangpotenzials errechnet. Für die Regionen in höheren Breiten wird ein Anstieg des Fangpotenzials vorausgesagt oder sie zeigen eine geringere Abnahme als in den Tropen, wobei es eine viel höhere Variabilität zwischen den beiden Modellen, Zeiträumen und AWZs in Hinblick auf das projizierte maximale Fangpotenzial in den Regionen in höheren Breiten gab als in solchen in den niedrigeren Breiten.«
Barange et al. (2018),
aus dem Englischen von Hanna Taieb Ezzraimi

4. Zunahme der Sauerstoffminimumzonen



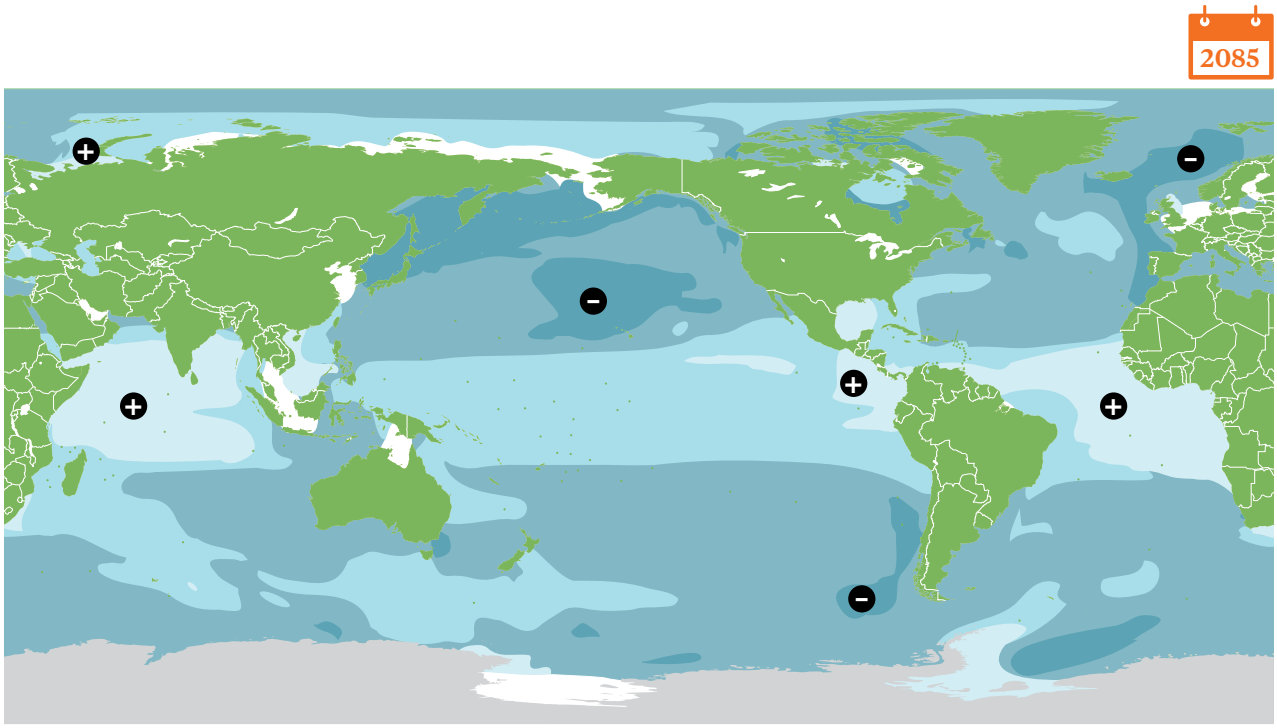
Verbreitung der Sauerstoff-Minimum-Zonen nach IOC-UNESCO
Häufung Toter Zonen *keine Veränderung* ▶ *größte Flussdeltas*

Quelle: Breitburg et al. (2018)

Wichtige Klimaeffekte ergeben sich, ausgelöst durch die großflächige Temperaturerhöhung in der Atmosphäre, auch für die Primärproduktion, die durch das Phytoplankton (und andere Photosynthese betreibende Organismen) aus anorganischen Stoffen erzeugte Biomasse im Ozean, welche eine wesentliche Basis der marinen Nahrungsnetze darstellt. So nahmen bereits die Konzentrationen an Chlorophyll, einem Indikator für die Primärproduktion, zwischen den Jahren 1998 bis 2010 im Nordpazifik, Nordatlantik und Indischen Ozean um etwa zehn Prozent ab. Die Ursachen sind wegen der natürlichen Variabilität noch nicht vollständig statistisch dargelegt. Der Weltklimarat geht jedoch davon aus, dass sich in den Ozeanen die globale Produktivität um 2 bis 13 Prozent bis zum Ende des Jahrhunderts reduzieren wird (Boyd et al. 2014, IPCC 2019). Dabei sorgen die höhere Wassertemperatur, die verringerte Sauerstoffsättigung im Meerwasser und die Versauerung für eine Veränderung der Planktongemeinschaften hin zu kleineren Arten, die weniger produktiv sind.

Eine Ursache für den Sauerstoffmangel ist vermutlich die verringerte thermische Durchmischung der Meeresschichten. Erhitzte Wassermassen lagern sich wie ein Deckel auf die tieferen, nährstoffreichen Zonen und verhindern den Gasaustausch, was zur Abnahme von Sauerstoff in den darunterliegenden Schichten führt. Große Sauerstoffminimumzonen finden sich derzeit vor allem in isolierten Wasserkörpern, unter anderem im Ostatlantik und im tropischen Pazifischen Ozean.

Ein anderer Faktor für den Mangel an Sauerstoff ist die Zunahme an Nährstoffen in küstennahen Regionen. Dies lässt sich mit dem vermehrten Eintrag über Flusssysteme und die Luft erklären. Die Überdüngung führt zu kurzfristigen Algenblüten. Werden diese abgebaut, so wird Sauerstoff verzehrt. Sinkt der Sauerstoffgehalt unter den Wert von zwei Milligramm pro Liter Wasser, so entstehen sogenannte „Tote Zonen“, die das Leben in den betroffenen Bereichen des Wasserkörpers und je nach Tiefe auch am Meeresboden für die meisten Arten unmöglich machen. Nur wenige Arten können sich mit einer solchen Situation für eine begrenzte Zeit arrangieren. Das Sterben der Lebewesen und ihr Abbau sowie die damit einhergehende drastische Abnahme der Kohlenstoffspeicherung und der Sauerstoffproduktion in diesen Bereichen verschärfen die Problematik zusätzlich. Die Anzahl der Toten Zonen ist von 42 in den 1960er Jahren auf mehr als 400 im Jahr 2008 angestiegen (Diaz/Rosenberg 2008).



Sauerstoffgehalt: Prognose für 2085, nach RCP 8.5, im Vergleich zu 1985–2004. Durchschnittswerte in mmol/m³

<-24 *-24 bis -8* *-8 bis 0* *>0* *keine Veränderung*

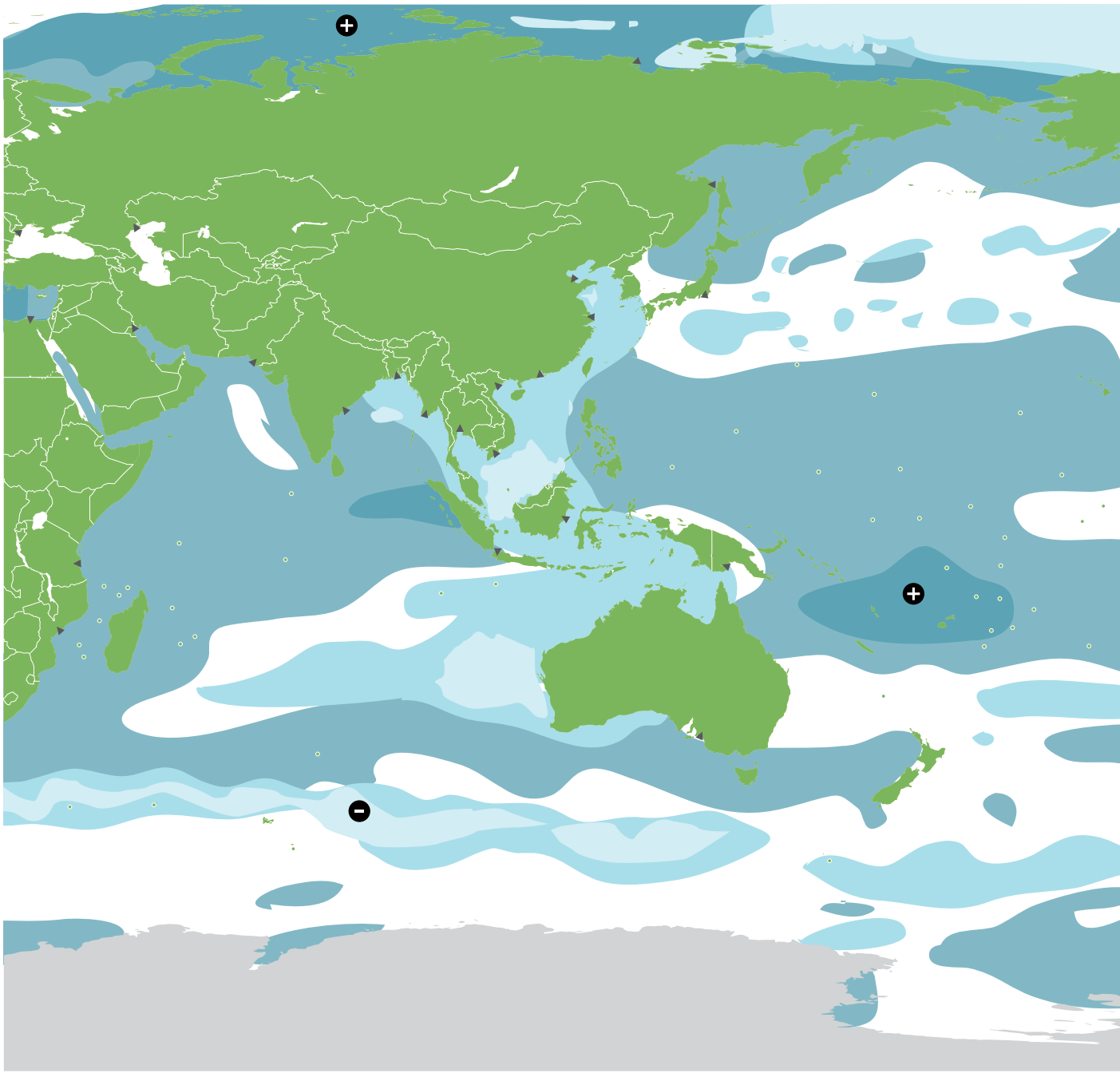
Quelle: IPCC (2019)

Ozeanmodelle gehen derzeit davon aus, dass sich die Sauerstoffminimumzonen weiter ausdehnen werden, beispielsweise im Nordatlantik, solange sich die Temperatur und die Nährstoffeinträge weiterhin erhöhen. Zwischen Ende der 60er Jahre und 2018 hat sich der Sauerstoffgehalt im Ozean um zwei Prozent verringert, die Wassermassen mit einem kritischen Sauerstoffgehalt in 200 Meter Tiefe haben sich in diesem Zeitraum global mehr als vervierfacht (Laffoley/Baxter 2019).

Verstärkt werden diese generellen Dynamiken durch regionale Effekte wie die Veränderung des Salzgehalts der Ozeane, die zu einer immer stärkeren Schichtung der Wassermassen beitragen. Hinzu kommen weitere regionale Effekte durch sich ändernde Windregimes oder Durchmischungsereignisse im Winter. Eine zunehmende vertikale Schichtung wird für die meisten Teile des tropischen Pazifiks prognostiziert: in den Bereichen rund um den „Warm Pool“, wie die große Ozeanerwärmung im Äquatorbereich des Pazifiks bezeichnet wird, und in den angrenzenden intertropischen Konvergenzzonen. Also konzentrieren sich auch in diesem Kontext die negativen Auswirkungen auf die Äquatorregionen.

Sowohl für Plankton als auch für höhere Organismen bedeutet der Sauerstoffmangel eine erhebliche Beeinträchtigung und verlangt ihnen einen höheren Energieaufwand ab. Nur wenige Arten sind evolutionär darauf ausgerichtet, in einem sauerstoffarmen Milieu zu leben wie beispielsweise der Vampirtintenfisch Vampyroteuthis infernalis. Die meisten aktiven Fische, Krebstiere und Tintenfische meiden diese Regionen, selbst Humboldt-Kalmare oder Thunfische, die im Hinblick auf den Sauerstoffgehalt eine höhere Toleranz haben. In diesen sauerstoffarmen Milieus fällt es größeren Fischarten schwer zu atmen, sie erreichen nicht ihre normale Größe. In Zukunft könnte also der Fang kleinerer Fische die Folge sein. Letztlich sind jedoch alle marinen Lebewesen bis hin zu den Kleinstlebewesen durch den Sauerstoffmangel beeinträchtigt. Im offenen Ozean muss selbst das Zooplankton vertikal, durch die sauerstoffarmen Zonen hindurch, zwischen den unteren und oberen Wasserschichten hin- und herwandern können.

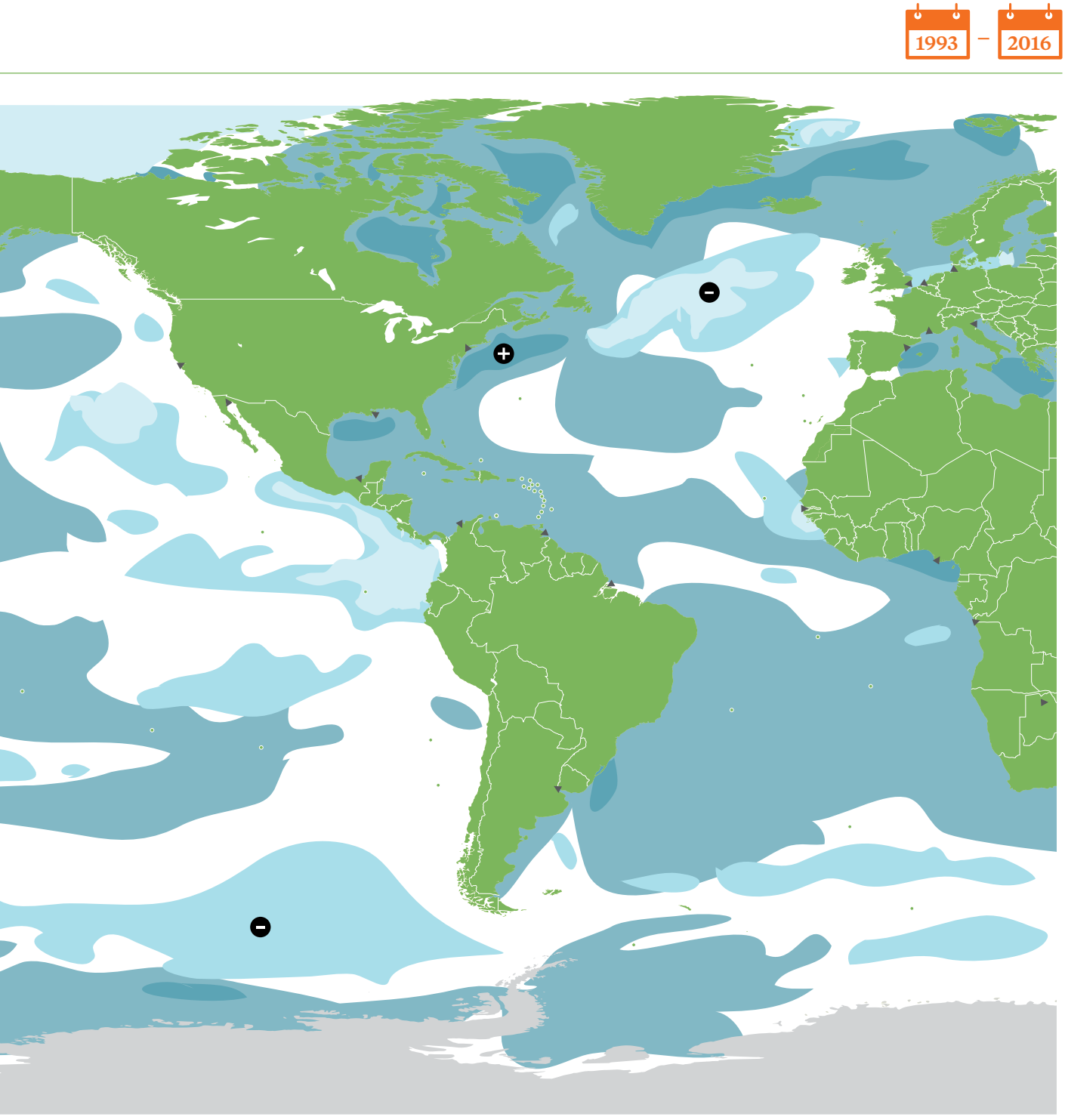
Veränderungen des Salzgehalts der Ozeane



Veränderungen des Salzgehalts pro Jahr im Zeitraum 1993–2016 in PSU (Praktische Salinitätseinheit)

0,0185 bis 0,0300 *0,0035 bis 0,0184* *−0,0035 bis −0,0100* *−0,0101 bis −0,0300*

keine Veränderung



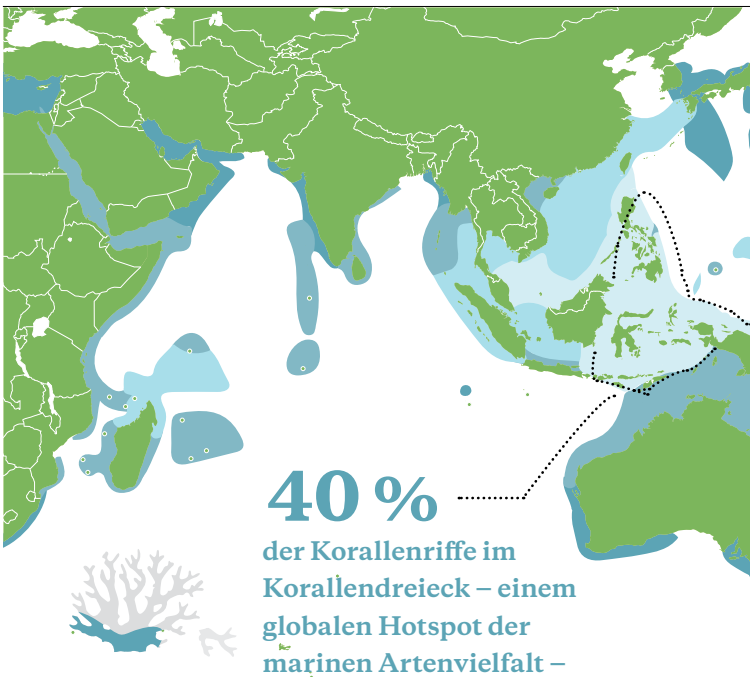
Quelle: von Schuckmann et al. (2018)

5. Versauertes Meerwasser

Kenntnisse über die biologischen Auswirkungen der Ozeanversauerung auf die Meeresfauna stammen bisher aus paläontologischen Beobachtungen, experimentellen Laborstudien, einigen wenigen kurz- bis mittelfristigen Feldstudien und der Beobachtung natürlicher vulkanischer CO_2-Quellen am Meeresgrund. Viele Studien zeigen: Werden Organismen den zukünftig wahrscheinlichen CO_2-Gehalten im Meerwasser ausgesetzt, zeigen sich erhebliche biologische Effekte (vgl. Orr et al. 2005). Darüber hinaus verändern sich mit hoher Wahrscheinlichkeit die ökologischen und biogeochemischen Prozesse im gesamten Ozean.

Die Meereisgebiete der Arktis gelten vor diesem Hintergrund als verwundbare Ökosysteme. Teile der arktischen Gewässer wirken bereits heute zersetzend (korrosiv) auf schalentragende marine Organismen. Laut IPCC werden für 60 Prozent der Oberfläche des Südpolarmeeres bis zum Jahr 2100 korrosive Bedingungen erwartet, sollte die gleiche Menge an CO_2 ausgestoßen werden wie bisher (vgl. Pörtner et al. 2014, IPCC). Das Projekt BIOACID (Biological Impacts of Ocean Acidification) konnte anhand von sogenannten Mesokosmen (teilgeschlossene experimentelle Anlagen) im norwegischen Raunefjord nachweisen, dass die wichtigen Flügelschnecken und Kalkalgen zu den Verlierern gehören werden. Zu den Gewinnern hingegen gehörte im Versuchsrahmen das Pikoplankton (vgl. BIOACID 2021).

Kalkbildende Organismen wie Korallen, Muscheln, Schnecken, Seeigel und Seesterne sowie viele Kalkbildner im Plankton gehören auch in den Tropen zu den Verlierern der Ozeanversauerung. Dies betrifft kommerziell als auch ökologisch bedeutsame Arten gleichermaßen. Nicht zuletzt die Aquakultur könnte von diesen Veränderungen betroffen sein, falls keine ausreichende Menge an Futterfisch für die Fischmehlproduktion zur Verfügung steht, wenn saures Meerwasser in den Auftriebsgebieten, insbesondere vor der Pazifikküste Südamerikas, aufsteigt. Für ein Szenario mit hohem Kohlendioxidausstoß prognostiziert BIOACID eine Zunahme der Ozeanversauerung im Vergleich zur vorindustriellen Zeit um bis zu 170 Prozent bis zum Jahr 2100 (Orr et al. 2005, vgl. IGBP, IOC, SCOR 2013).

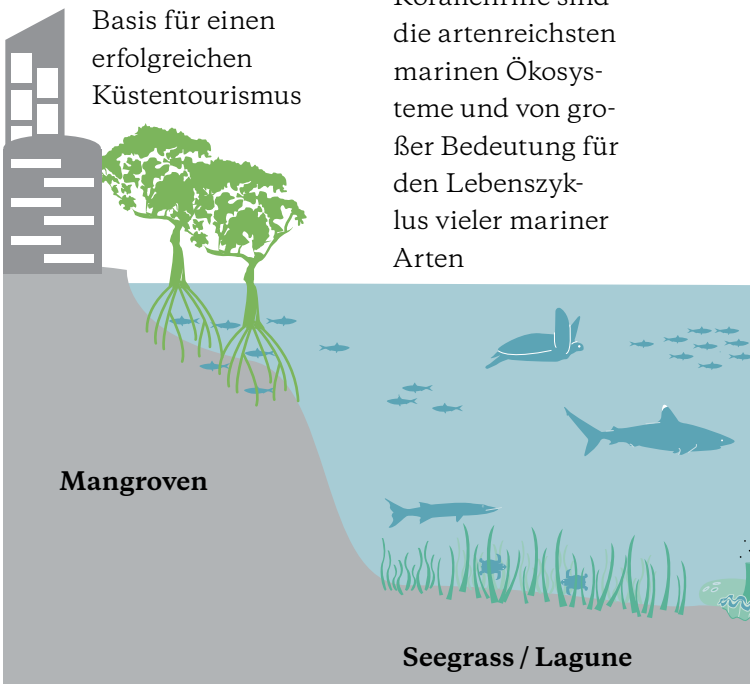


40 %

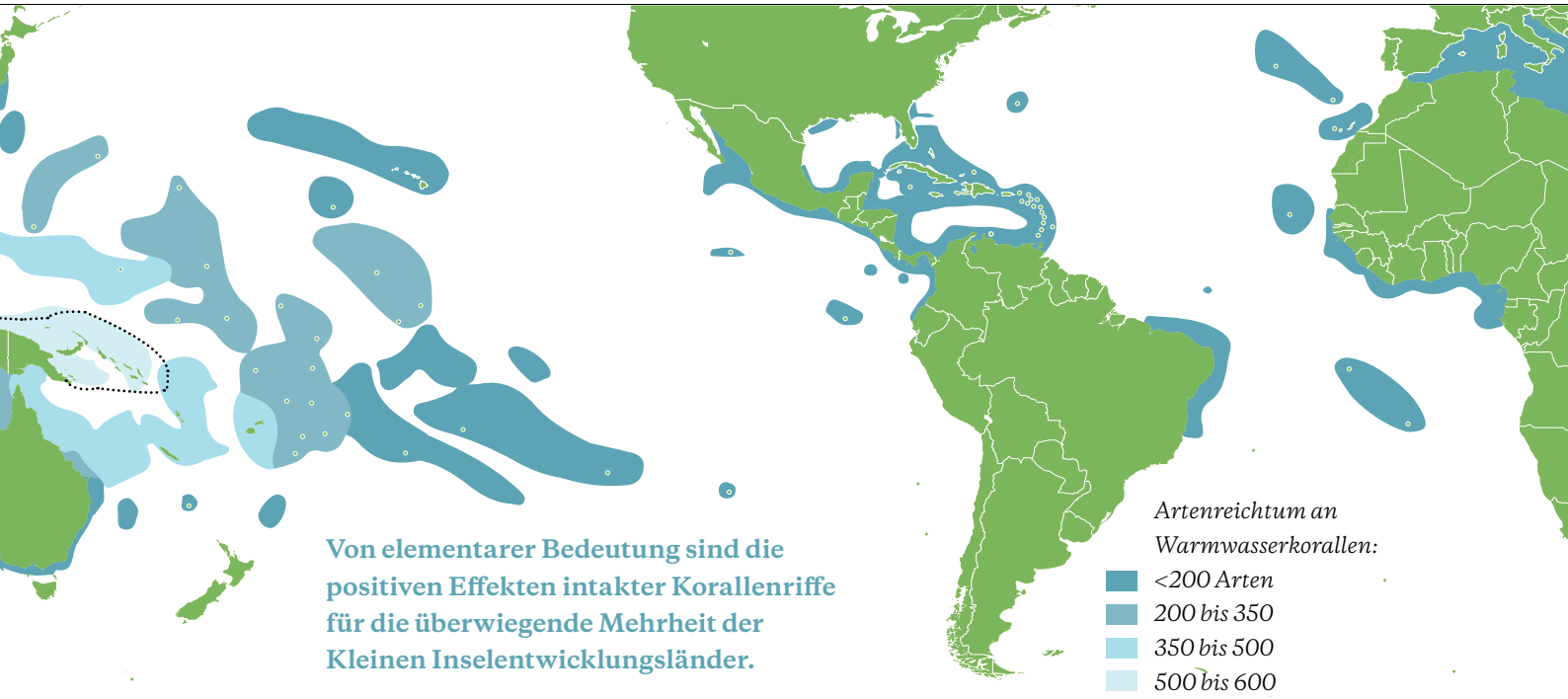
der Korallenriffe im Korallendreieck – einem globalen Hotspot der marinen Artenvielfalt – sind bereits in den letzten 40 Jahren abgestorben.

Korallenriffe sind vielfach die Basis für einen erfolgreichen Küstentourismus

Korallenriffe sind die artenreichsten marinen Ökosysteme und von großer Bedeutung für den Lebenszyklus vieler mariner Arten

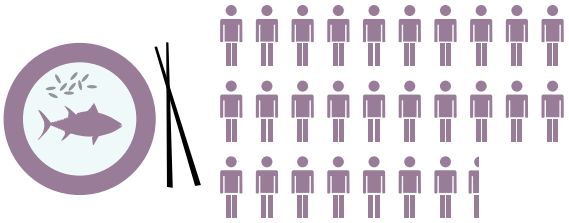


Quellen: Kimura et al. (2014), Silvestri/Kershaw (2010), Burke et al. (2011), IPCC (2019), Inniss et al. (2016)



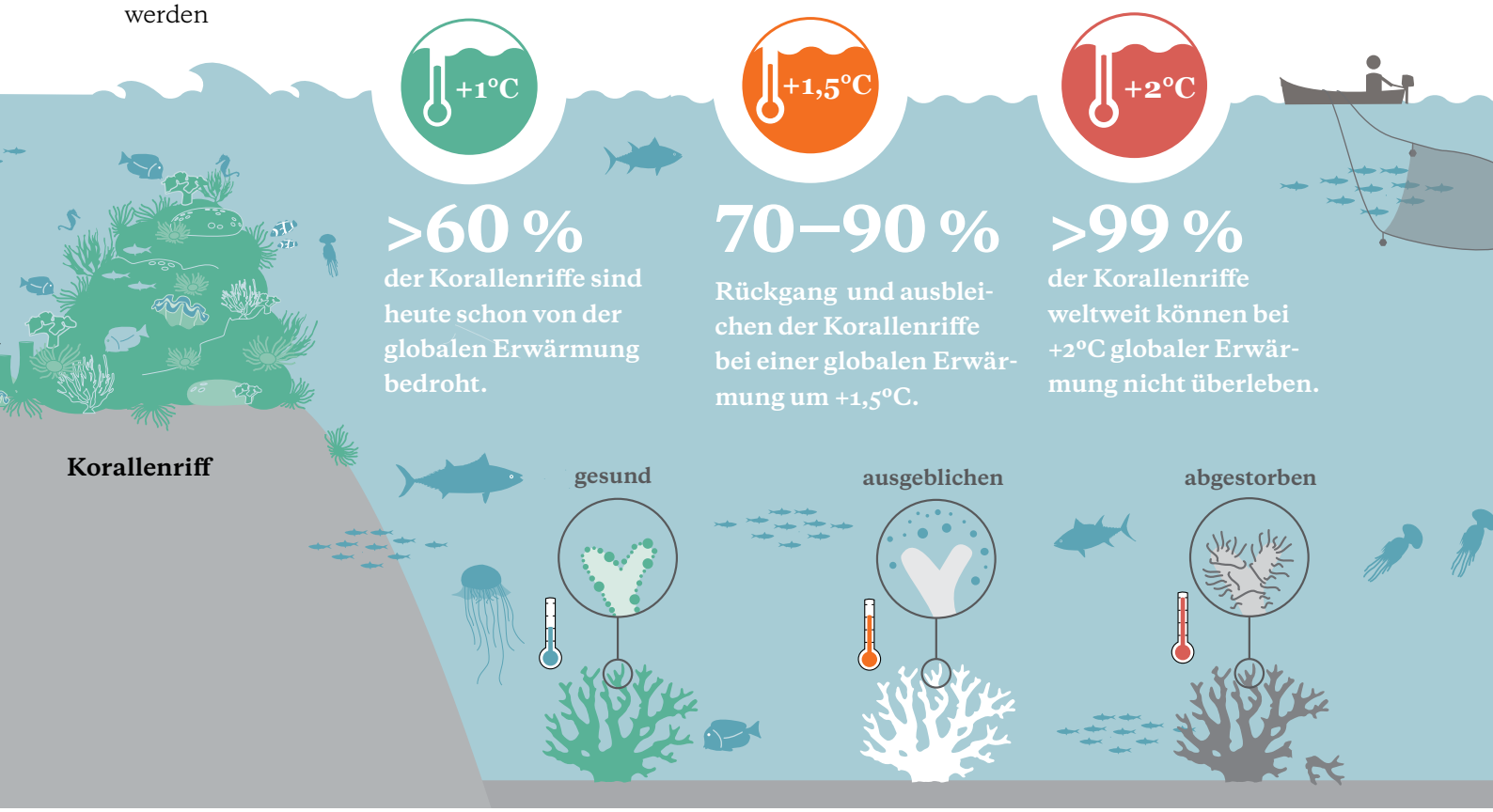
Von elementarer Bedeutung sind die positiven Effekten intakter Korallenriffe für die überwiegende Mehrheit der Kleinen Inselentwicklungsländer.

Bis zu 50 % der Wellenenergie kann durch ein intaktes Korallenriff aufgefangen werden



275 Mio.

Menschen hängen direkt von Korallenriffen und den mit ihnen assoziierten Ökosystemen als Nahrungsquelle ab.



>60 %

der Korallenriffe sind heute schon von der globalen Erwärmung bedroht.

70–90 %

Rückgang und ausbleichen der Korallenriffe bei einer globalen Erwärmung um +1,5°C.

>99 %

der Korallenriffe weltweit können bei +2°C globaler Erwärmung nicht überleben.

6. Regionale Auswirkungen des Klimawandels

Über 90 Prozent ihrer Fänge erzielt die Fischerei in den Küstenzonen, dementsprechend können die Auswirkungen des Klimawandels auf die genutzten Fischbestände hier also besonders gravierend sein. Das betrifft neben den für Klimaveränderungen sensiblen subpolaren Regionen vor allem die tropischen Regionen, in denen die Subsistenz- und handwerkliche Fischerei einen wichtigen ökonomischen, sozialen und kulturellen Wert für die Küstenbevölkerung darstellen. Nach Modellrechnungen von Kwiatkowski et al. wird die Primärproduktion, die Basis des marinen Nahrungsnetzes, in den Tropen um elf Prozent bis zum Jahre 2100 abnehmen (Kwiatkowski et al. 2017). Dieses verringerte Nahrungsangebot wird Auswirkungen auf die Fangergebnisse haben. Allerdings wird erwartet, dass sich die Fangmengen bis 2050 zunächst um weniger als zehn Prozent verringern werden, dies aber mit starken regionalen Schwankungen. Modellszenarien von Weatherdon et al. für die Küste von British Columbia in Kanada zeigen auf, dass bei 98 Meeresfischereien, die der Selbstversorgung dienen, sich die Bestände unter den Bedingungen der heute auszumachenden Emissionshöhe der Klimagase um 15 bis 20 Prozent verschlechtern werden. Gleichzeitig verlagern sich die Fischbestände polwärts mit Wanderungsraten von 10,3 bis 18,0 Kilometern pro Dekade bis zum Jahr 2050 (Weatherdon et al. 2016). Ähnliche Prozesse werden für die tropischen Regionen erwartet.

6.1 Fallbeispiel: Veränderungen in den westafrikanischen Meeren

Fischereiprodukte sind in den westafrikanischen Staaten ein essentielles Nahrungsmittel, ein bedeutendes Exportgut und die Fischerei insgesamt ist ein wichtiger Wirtschaftszweig. In Benin, Ghana, Mali, Mauretanien und Senegal konsumiert mehr als die Hälfte der Bevölkerung täglich Fischprodukte (vgl. FAO 2018b). Mehr als fünf Millionen Menschen arbeiten im Fischereisektor – als Fischerinnen und Fischer, in der Fischverarbeitung oder im Fischhandel, als Bootsbauer und in anderen kleinen Unternehmen der Fischereiwirtschaft (Katikiro und Macusi 2012). Länder wie Senegal, Gambia, Sierra Leone und Ghana hängen in hohem Maße von der Fischerei als einer der zentralen Einnahmequellen für ihre Volkswirtschaften und Auslandsdevisen ab. Hauptexportländer von Fischereiprodukten in Westafrika sind nach Quantität die Staaten Nigeria (23 Prozent), Senegal (16 Prozent), Ghana (16 Prozent), Mauretanien (10 Prozent) und Sierra Leone (6 Prozent) (Katikiro und Macusi 2012). Die Fangmengen liegen bei etwa 2,3 Millionen Tonnen Fisch jährlich, allerdings bei schwindenden marinen Ressourcen. Laut FAO sind alle Fischbestände vor Afrika voll befischt oder gar überfischt. In der Folge sank in Westafrika der Pro-Kopf-Verbrauch von Fisch seit dem Höhepunkt im

»Ernährungssicherheit, den Erwerb des Lebensunterhalts und die öffentliche Gesundheit negativ zu beeinflussen und sogar Entwicklungspfade umzukehren und grenzüberschreitende Konflikte auszulösen. Doch besteht weltweit ein deutlich wahrnehmbarer Unterschied hinsichtlich der Verwundbarkeit der Länder durch diese Effekte. Wir berechnen für 147 Länder einen Vulnerabilitätsindex, indem wir uns auf die neuesten Daten zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Seefischerei stützen. Aufbauend auf dem Framework zur Verwundbarkeit des Weltklimarats erstellen wir zunächst zusammengefasste Indikatoren für Exposition, Sensitivität und Anpassungsfähigkeit unter Verwendung von 12 Hauptvariablen.

Sieben der zehn am stärksten gefährdeten Länder auf Basis des daraus resultierenden Index zählen zu den Kleinen Inselentwicklungsländern, und das oberste Viertel des Index umfasst Länder in Afrika (17), Asien (7), Nordamerika und der Karibik (4) sowie Ozeanien (8). Mehr als 87 % der am wenigsten entwickelten Länder befinden sich in der oberen Hälfte des Vulnerabilitätsindex, während die untere Hälfte alle bis auf einen der Mitgliedstaaten der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung umfasst. […] Die Länder, die am stärksten von den Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischerei betroffen sind, sind in erster Linie kleine Inselstaaten im Pazifischen Ozean und in der Karibik sowie Länder entlang der West- und Ostküste Afrikas […] Die Verwundbarkeit der Volkswirtschaften durch die Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischerei ist eng mit dem jeweiligen Status bzw. Niveau der Entwicklung des Landes verbunden. […]«

Blasiak et al. (2017) aus dem Englischen von Hanna Taieb Ezzraimi

Jahr 1982 mit 15,3 Kilogramm zunächst kontinuierlich und steigt erst wieder seit 1995, allerdings noch immer langsamer als der globale Schnitt (FAOSTAT 2018).

Die Fischereimethoden in Westafrika sind unterschiedlich umweltverträglich und auf vielfältige Weise anfällig für schlechtes Management. Fischer und Fischerinnen sind dazu gezwungen, bei abnehmenden Fangerträgen notgedrungen den Aufwand für die Fischerei zu intensivieren. Hinzu kommt der große Verlust durch die illegale, unregulierte und undokumentierte Fischerei, auch als IUU-Fischerei (Illegal, Unreported and Unregulated Fishing) bezeichnet. Schätzungsweise erhöhen sich die tatsächlichen Fangmengen um 8 bis 14 Millionen Tonnen pro Jahr aufgrund dieser illegalen Fischerei (Sumaila et al. 2020). Senegal verliert demnach jährlich etwa 300 Millionen US-Dollar und somit fast zwei Prozent seines Bruttosozialprodukts durch IUU-Fischerei, Marocco verliert bis zu 1,5 Millionen US-Dollar. Ein anderer Faktor ist die Sport- und Freizeitfischerei in Westafrika, die auf ca. 34.000 Tonnen jährlich angewachsen ist und bisher ebenfalls in keiner offiziellen Statistik erscheint. Ihr Jahresumsatz in diesem Sektor wird auf 152 Millionen US-Dollar geschätzt – mit einer hohen Gewinnrate (Belhabib et al. 2016). Einnahmen aus der Sportfischerei könnten für die Entwicklungsländer in Zukunft an Bedeutung gewinnen und Einfluss auf das Management der Fischbestände vor Westafrika nehmen.

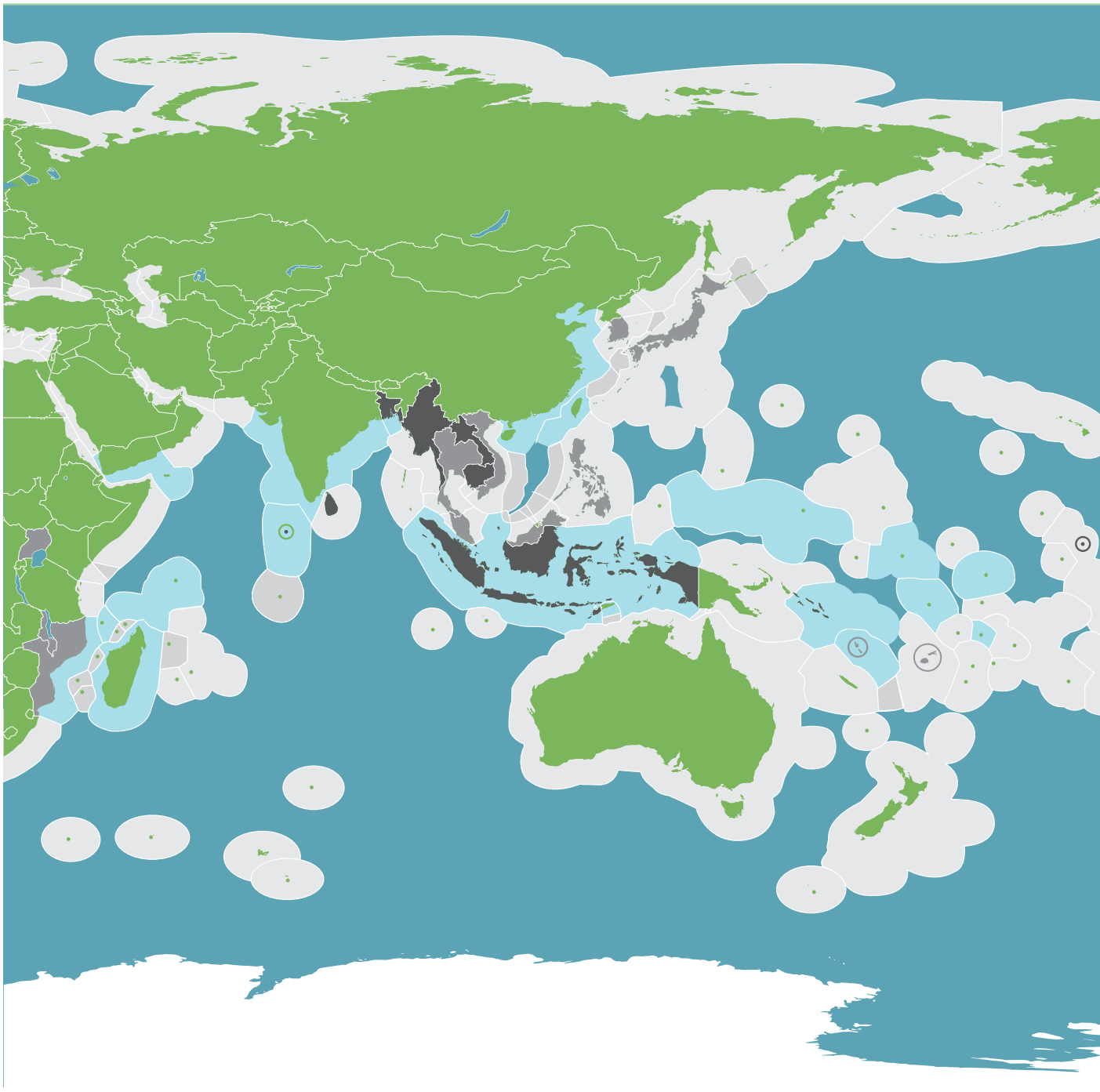
Neben Missmanagement und Überfischung wird der Klimawandel die afrikanischen Küstenhabitate verändern und für einen Bestandsrückgang der Fische sorgen. Küstenzonen wie Flussmündungen und Deltas mit reichen Mangrovenwäldern sind durch den Anstieg des Meeresspiegels bedroht. Mangroven sind zwar in der Lage, sich landeinwärts bei einem gemäßigten Anstieg des Meeresspiegels zurückzuziehen (beispielsweise in der Gazi Bay in Mombasa). Steigt der Meeresspiegel aber rasch an, sorgt das eindringende Salzwasser für ein geringeres Wachstum der Pflanzen (Ellison 2000). Zudem können verstärkt bauliche Maßnahmen zum Schutz der Küste in Zukunft die Ausbreitung von Mangroven verhindern (vgl. Gilman et al. 2007). Da ein Drittel der Meeresfischarten ihre Kinderstube in Mangrovenwäldern hat, wirkt sich der Verlust dieses Lebensraums in stark negativer Weise auf die Fischbestände aus. Der gleiche Effekt stellt sich beim Schwund der Korallenriffe infolge von Hitzestress und Korallenbleichen ein. Der Verlust der Küstenhabitate könnte langfristig die gravierendste Auswirkung des Klimawandels auf die afrikanische Fischerei sein.

6.2 Fallbeispiel: Auswirkung auf den Pazifischen Thunfisch

Verteilung und Reichtum der Thun- und Küstenfischbestände im tropischen Pazifik werden durch die Veränderungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Meerwassers sowie durch Veränderungen der Lebensräume und Nahrungsnetze stark beeinträchtigt werden. Modelle zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung des Echten Bonito oder Skipjack (Katsuwonus pelamis) von Bell et al. zeigen, dass diese Art wahrscheinlich nach und nach in den zentral-östlichen Pazifik und in die subtropischen Gebiete abwandern wird. Denn die starke Ozeanerwärmung im Warm Pool am Äquator verringert die Primärproduktion und somit den Laicherfolg. Der Echte Bonito scheint auch häufig in Gebieten mit hydrographischen Besonderheiten wie Fronten zwischen kaltem und warmem Wasser sowie Auftriebsgebieten vorzukommen. Doch diese Konvergenzzone zwischen dem Warm Pool und dem äquatorialen Auftriebsgebiet verschiebt sich nach Osten. Bis zum Jahr 2050 erhöhen sich dadurch die Bonito-Biomassen in den Pazifikstaaten östlich von 170 Grad Ost, während sie sich westlich davon verringern werden. Palau, Papua-Neuguinea und die Marshall-Inseln werden die Verlierer sein, während die Inselstaaten Kiribati und Französisch-Polynesien profitieren könnten. Im Jahr 2100 ist die Gesamtbiomasse, so die Prognose, generell um 10 bis 30 Prozent reduziert. Die niedrigeren Thunfisch-Fangmengen in den Gebieten vor den Küsten von Papua-Neuguinea (-23 Prozent) oder den Solomon-Inseln (-19 Prozent) könnten einem Wertverlust des jeweiligen Bruttoinlandsprodukts von 0,1 bis 0,4 Prozent entsprechen, da diese Ökonomien wirtschaftlich sehr stark von Thunfischfang und -verarbeitung abhängig sind (2013a vgl. Bell et al. 2013b).

Auch der Großaugen-Thun (Thunnus obesus), der Gelbflossen-Thun (Thunnus albacares) und andere Top-Prädatoren, so die Bezeichnung für Raubfische an der Spitze der Nahrungskette, werden seltener werden. Vorläufige Prognosen für den Großaugen-Thun lassen zunächst nur geringe Abnahmen im Fang (in der Regel weniger als fünf Prozent) vermuten. Doch der Verlust an Fangbiomasse wird mit der Zeit größer werden: bis zum Jahr 2035 sinkt diese voraussichtlich um fünf Prozent, im Jahr 2050 um zehn Prozent und bis zum Jahr 2100 auf 30 Prozent (Lehodey et al. 2011). Bis 2035 wird sich die Biomasse auf 0,8 Millionen Tonnen verringert haben und

Auswirkungen des Klimawandels auf die Ernährungssicherheit



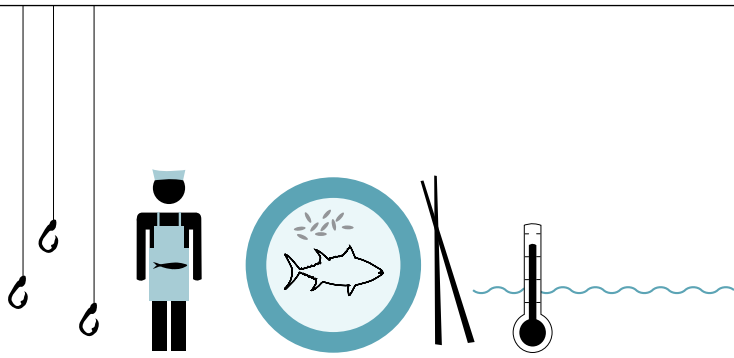
Top-30 Länder mit dem höchsten prozentualen Anteil von Fisch am Konsum tierischer Proteine:

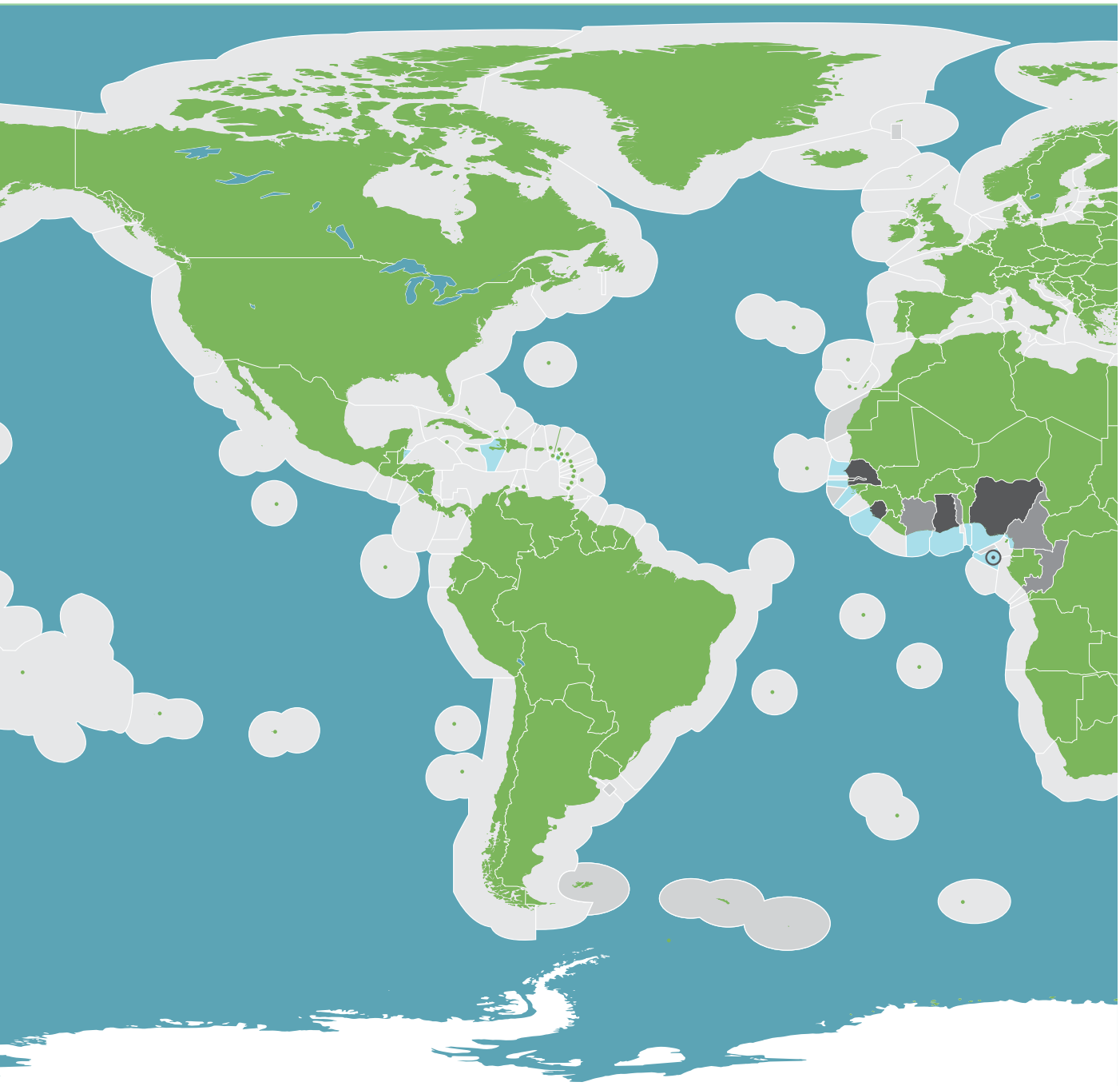
40 bis 70 % *27 bis 39 %*

Auswirkungen des Klimawandels auf den Fischfang gemessen an der nationalen Verwundbarkeit

Top 30 Länder *Alleinige Wirtschaftszonen (AWZ)*

umstrittene AWZs





Quellen: Bennett et al. (2018), Blasiak et al. (2017)

nur noch ungefähr zwei Drittel der ursprünglichen Biomasse von 1960 ausmachen (Lehodey et al. 2011). Besorgniserregend ist außerdem die bereits erwähnte IUU-Fischerei, die diese Bestände zusätzlich bedroht. Die illegalen Fangmengen werden auf 270.000 bis 340.000 Tonnen Thunfisch im Pazifik geschätzt (MRAG Asia Pacific 2016). Insgesamt wird der durch Klimaeffekte und IUU-Fischerei entstehende wirtschaftliche Verlust viele westpazifische SIDS vor große Herausforderungen stellen, da diese Länder gleichzeitig am stärksten vom Meeresspiegelanstieg betroffen sind. Auch die östlicheren Inselstaaten, die prinzipiell von größeren Fangmengen profitieren könnten, werden vom wirtschaftlichen Abschwung ihrer lokalen Handelspartner betroffen sein.

7. Klimaschutz und Anpassung

Hauptursache für die Klimafolgen im Ozean ist das Freisetzen von CO_2 in die Atmosphäre durch menschliche Aktivitäten. Die einzige bekannte realistische Option zur globalen Schadensminderung ist es, den zukünftigen atmosphärischen CO_2-Gehalt aktiv zu begrenzen und zu reduzieren, was im internationalen Sprachgebrauch als Mitigation bezeichnet wird. Bis zum Jahr 2030 werden fast 900 Millionen Menschen – vorwiegend in Asien – in Risikogebieten (unterhalb zehn Meter über dem Meeresspiegel) leben und unmittelbar vom Anstieg des Meeresspiegels und von vermehrten Sturmschäden betroffen sein. Die Kosten für notwendige Maßnahmen zum Küstenschutz werden je nach Emissionsszenario auf 12 bis 71 Milliarden US-Dollar jährlich geschätzt (UNEP 2014). Allerdings können die Länder des Globalen Südens die grundsätzlich durchaus möglichen, jedoch kostenintensiven Anpassungsleistungen an den Klimawandel wie Küstensicherung, Umsiedlung, Aufbau alternativer Nahrungsreserven oder neue Wirtschaftszweige bisher nicht aus eigenen Mitteln bestreiten. Vielmehr werden sich in diesen Regionen mit dem Klimawandel zeitgleich die sozialen und ökonomischen Bedingungen verschlechtern und Anpassungsmaßnahmen zusätzlich erschweren. Einbrüche in der Fischereiwirtschaft und Verluste durch Meeresspiegelanstieg und Extremwetter können noch mehr Menschen unter die Armutsgrenze drücken. Gerade die Bevölkerungen der SIDS mit ihren begrenzten ökonomischen Ressourcen leben zumeist in direkter Abhängigkeit vom Ozean, dessen Ökosysteme ihnen Nahrung, Arbeit und ökonomisches Wachstum bieten. Bei anhaltender Verschmutzung, Überfischung und Klimaveränderung sind diese Zusammenhänge zukünftig nicht mehr gesichert. Solange keine ausreichenden Gegenmaßnahmen ergriffen werden, kann dies erhebliche Risiken für Konflikte in der nahen Zukunft bedeuten. Umwelt- und Konfliktrisiken sind hier eng miteinander verbunden.

Nicht nur in den SIDS, ebenso in vielen Ländern Westafrikas bedroht der Klimawandel die Ernährungssicherheit. Fang- und Verarbeitungsmethoden für neue Fangarten müssen gefunden werden. Die Bestände an Schalentieren nehmen durch die Ozeanversauerung deutlich ab. Die Fangmengen werden kleiner, da sich die Vermehrungsrate und das Größenwachstum der Fische reduziert. Steigender Meeresspiegel und Extremwetter machen es notwendig, die Fischerorte zu verlegen und neue Anlandestellen zu finden. Die Küstenökosysteme nehmen Schaden und der Nachwuchs an Jungfischen fehlt zunehmend. Traditionelle Arten verschwinden gänzlich oder der Aufwand, der betrieben werden muss, um diese zu fangen, vergrößert sich. All dies ist nur eine unvollständige Zusammenfassung der Folgen für die Fischereiwirtschaft. Die Entwicklungspolitik muss hier Vorsorge betreiben und den Problemen mit eigenständigen Programmen entgegenwirken, bevor es dafür zu spät wird.

7.1 Klimaschutz: Erhalt des Blauen Kohlenstoffs

Ein neuerer Ansatz gegen die Folgen des Treibhauseffekts im Rahmen des Managements der Küstenzonen ist das Konzept des Blue Carbon. Damit ist derjenige Kohlenstoff gemeint, der sowohl an den Küsten als auch in den Ozeanen in Beziehung zur Meeresumwelt steht.

Die Blaue Biosphäre des Planeten spielt eine sehr wichtige Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf und ist beispielsweise verantwortlich für die Aufnahme der Hälfte des atmosphärischen Kohlenstoffdioxids jährlich. Marine Ökosysteme funktionieren als Kohlenstoff-Senken und speichern das CO_2 in der Biomasse oder in Sedimenten. Es wurde geschätzt, dass das Plankton in den Ozeanen jährlich mehr als fünf Milliarden Tonnen Kohlenstoffdioxid aufnimmt (Henson et al. 2011).

Große Speicher sind auch die Mangrovenwälder, Salzmarschen und Seegraswiesen. Seegrasfelder im Meer können bis zu 83.000 Tonnen Kohlenstoff pro Quadratkilometer speichern und lagern diesen überwiegend in den tieferen Sedimenten für Tausende von Jahren ein (Fourqurean et al. 2012). Im Gegensatz dazu speichert ein Wald an Land nur ungefähr 30.000 Tonnen Kohlenstoff (Federici et al. 2015). Allerdings ist diese Situation nur bei gesunden Habitaten gewährleistet. Fehlen durch Überfischung die Räuber, wie beispielsweise Tigerhaie, kann der Bestand an Meeresschildkröten oder Herbivoren, also pflanzenfressenden Fischen, zunehmen. Dies kann wiederum zu einer stärkeren Beweidung der Seegrasbänke führen und so das Speichern von Kohlenstoff verringern.

Auch Fischschwärme können als „schwimmende Wälder“ angesehen werden. Wie alle Organismen sorgen sie als biologische Pumpe für die Speicherung von Kohlenstoff und seinen Transport in die tieferen Wassermassen im Ozean. Diese Wirbeltiere beteiligen sich so an der Carbonat-Produktion im Meer, wobei kleinere Fische, mit ihrem höheren Stoffwechsel bezogen auf die

Körpergröße, bei hohen Temperaturen besonders hohe Umsetzungsraten haben. Es wird vermutet, dass bei einer Erwärmung und erhöhten CO_2-Werten diese Fische eine zunehmende Rolle bei der Pufferung der Ozeanversauerung spielen werden.

Solche ökosystemaren Dienstleistungen sollten in die Verhandlungspolitik des UNFCCC-Prozesses (United Nations Framework Convention on Climate Change) bei der Finanzierung von Maßnahmen zur Verringerung der Klimagase einbezogen werden. Der Erhalt und die Sicherstellung eines gesunden Ökosystems mit einer hohen Artenvielfalt und einem hohen Blue-Carbon-Wert wirken dem Klimawandel grundlegend und dauerhaft entgegen.

Entscheidend ist auch hierbei jedoch die Einbeziehung entwicklungspolitischer Perspektiven. Die Küstenkommunen dürfen im Rahmen von Blue-Carbon-Initiativen nicht ihren Zugang zum Meer und ihre traditionellen Rechte verlieren. Ernährungssicherheit, Armutsbekämpfung sowie Partizipation und Transparenz müssen gewährleistet sein. Letztlich gilt es, die Küstenkommunen zu den Profiteuren solcher Projekte zu machen und deren Umsetzung an den lokalen Strukturen und Notwendigkeiten zu orientieren. Blue Carbon darf nicht in ein Ocean Grabbing münden, wie es Olivier de Schutter als damaliger Sonderberichterstatter für das Recht auf Nahrung 2012 für die UN beschrieben hat. Im Rahmen der Umsetzung der FAO-Richtlinie zur Sicherung einer nachhaltigen Kleinfischerei von 2014 (Voluntary Guidelines for Securing Sustainable Small-Scale Fisheries in the Context of Food Security and Poverty Eradication) zeigen sich die Konfliktlinien wie auch mögliche Ansatzpunkte für eine faire Entwicklung der Küstengebiete (vgl. FAO 2018b).

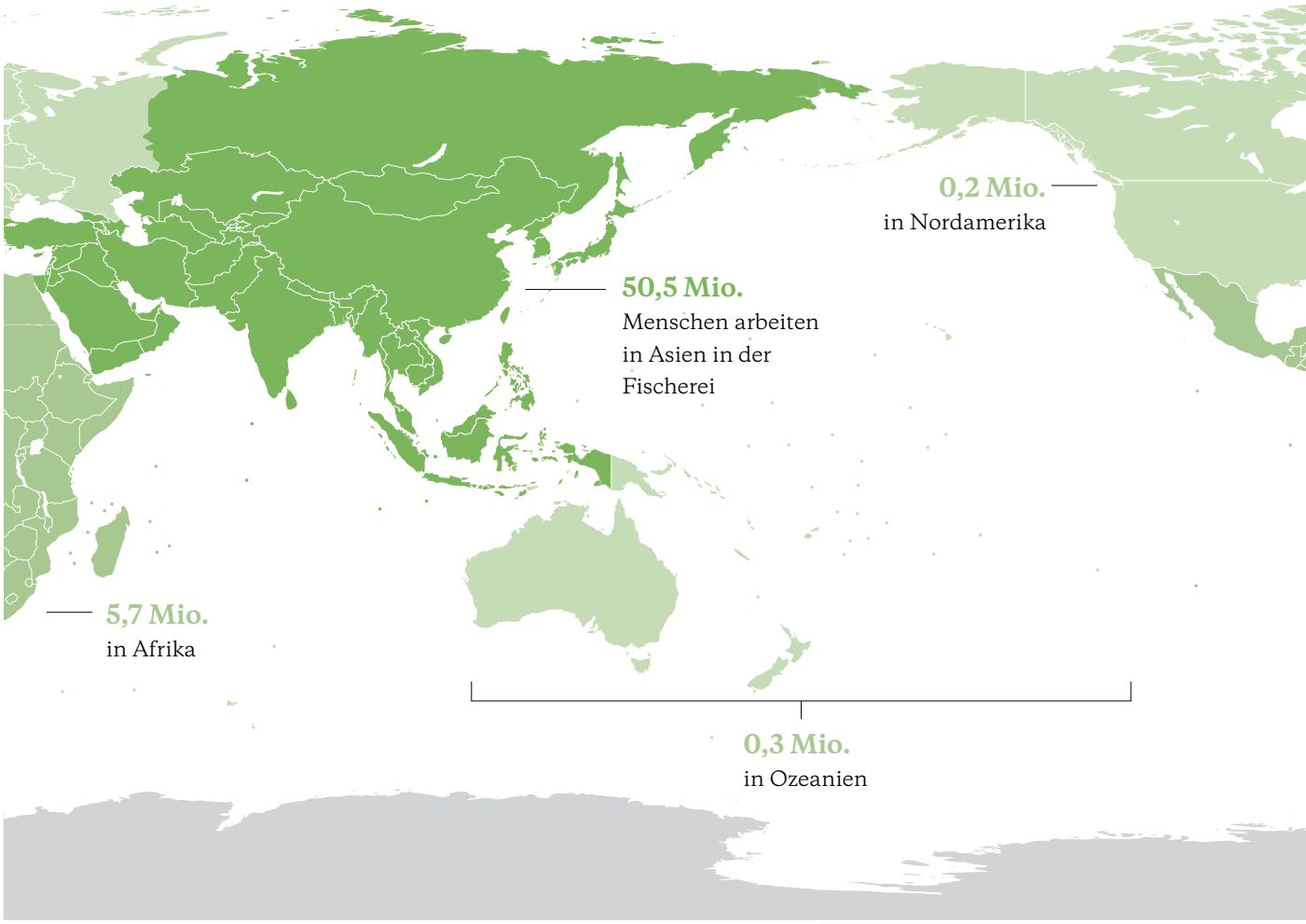
7.2 Anpassung: Erhalt der Küstenvielfalt

Die FAO kommt zu dem Schluss, dass ausreichende Maßnahmen zur Förderung einer naturverträglichen und nachhaltigen Fischerei getroffen werden müssen, um den Klimafolgen effektiv entgegenzuwirken. Auch die Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDGs) der Vereinten Nationen fordern eine aktive Bekämpfung des Klimawandels, speziell der Ozeanversauerung, mit Blick auf die Meerespolitik in SDG 14: „Ozeane, Meere und Meeresressourcen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung erhalten und nachhaltig nutzen“. Hierfür sind eine Reihe praktischer Lösungsansätze notwendig, um die Klimafolgen im Ozean abzufedern. Dazu gehört es, insbesondere das Management der Fischbestände auf nationaler, bilateraler, EU- und internationaler Ebene zu verbessern, beispielsweise im Rahmen der Regional fisheries management organisations (RMFOs) oder der International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT), die IUU-Fischerei zu bekämpfen und den Beifang in der Fischerei zu reduzieren. Bisher gibt es trotz einiger lokaler nachhaltiger Fischereien jedoch keine ausreichenden globalen Anstrengungen, um die schrumpfenden Fischbestände zu regenerieren. Im Gegenteil ist zu beobachten, dass die Überfischung der Weltmeere insgesamt fortschreitet.

So wächst die Gefahr, dass die Kluft zwischen den benötigten und den tatsächlich verfügbaren marinen Nahrungsressourcen immer größer wird. Es erscheint als sicher, dass die Küstenfischerei in Zukunft einen immer kleineren Anteil als Proteinlieferant zur Nahrungssicherheit leisten kann, da die Fischbestände durch den Verlust der Korallen-, Mangroven- und Seegrashabitate abnehmen werden. Dies betrifft vor allem die pazifischen Inselstaaten und andere SIDS und Küstenländer entlang des Äquators, die zur Sicherstellung ihrer Nahrungsversorgung und ökonomischen Stabilität in besonderer Weise von den Ozeanen und der Fischerei abhängig sind. Diese Regionen und die dort befindlichen lokalen Küstengemeinden sind es, die am stärksten mit den negativen Folgen für ihre Existenzgrundlagen zu kämpfen haben werden. Ihre Staaten verfügen oftmals jedoch nur über begrenzte Mittel, um auf diese Probleme reagieren zu können. Viele von ihnen gehören zu den Netto-Nahrungsmittelimport-Länder mit einem niedrigen Pro-Kopf- Einkommen (Low-income food deficit countries, LIFDCs) oder ihre Bevölkerung sind überdurchschnittlich stark abhängig von Fischereiprodukten für die Nahrungsversorgung.

Der Erhalt der Küstenvielfalt und der weitreichenden Bedeutung der Fischerei für die Welternährung sind jedoch keineswegs nur Fragen der Klima- und der Fischereipolitik im engeren Sinne. Die Veränderungen der marinen Habitate und der Fischbestände müssen auch im Zusammenhang mit anderen Faktoren, die die Ozeane und Meere beeinträchtigen, genauer analysiert werden. Die Degradation der Ökosysteme durch das Wachstum der Städte und Küstengemeinden von der Landseite her ist ein solcher Faktor mit erheblicher Reichweite. Hier muss ein integriertes Küsten- und Ozeanmanagement

Fischerei als wichtiger Wirtschaftsfaktor

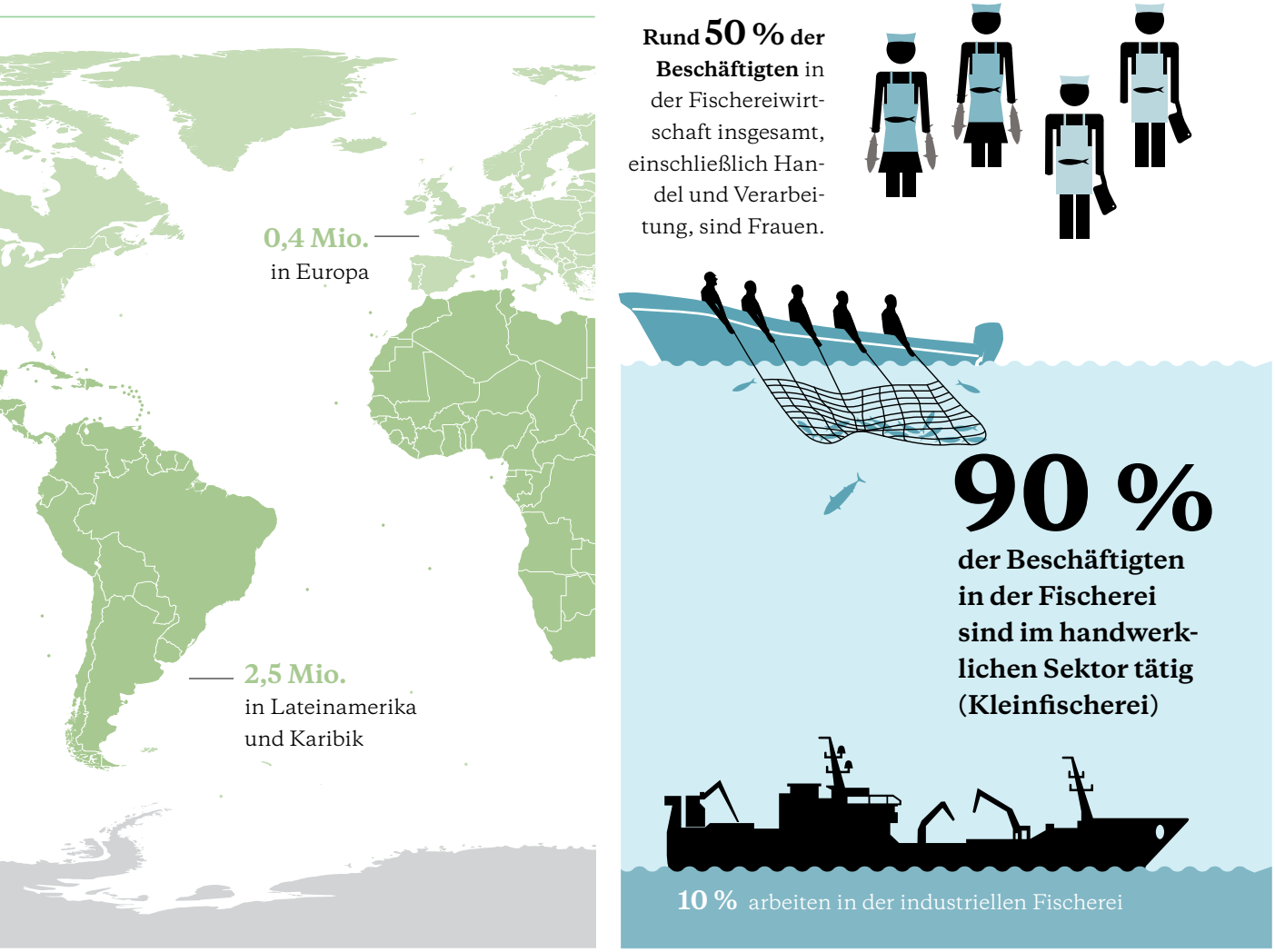


Beschäftigte in der Fischerei nach Kontinent, in Millionen

>50 *2,5 bis 6* *< 0,5*

auf internationaler, nationaler und lokaler Ebene durch geeignete Instrumente einsetzen. Zum einen gilt es, verschwundene natürliche Lebensräume (auch zum Küstenschutz) wieder aufzubauen. Zum anderen ist ein Netzwerk von effektiven Meeresschutzgebieten notwendig, die die Widerstandsfähigkeit gegen Klimaeffekte und den Erhalt der Artenvielfalt im Sinne der Umsetzung der UN-Biodiversitätskonvention durch die sogenannten Aichi-Ziele gewährleisten. Darüber hinaus muss das Küstenzonenmanagement den lokalen Bevölkerungen hinreichende und sichere Siedlungsräume zur Verfügung stellen und Perspektiven aufzeigen, die ihnen ein nachhaltiges Wirtschaften ermöglichen und ihre Ernährungsgrundlagen sichern. Andere zu berücksichtigende Faktoren sind die Müll- und Nährstoffeinträge in die Ozeane oder die Auswirkungen des Schiffsverkehrs oder von Offshore-Projekten, wie der Erdöl- und Erdgasförderung auf See.

Klimawandel, Missmanagement in der Fischerei und Umweltschädigungen wie die Zerstörung von Mangrovenwäldern beim Bau von Hotelburgen oder die Nährstoffeinleitungen aus der Landwirtschaft wirken zusammen und müssen deshalb auch mit integrierten Strategien angegangen werden. Es gilt, den Ökosystemen



Quelle: FAO (2020)

entsprechend und vorausschauend zu handeln, um den Schaden durch solche kumulativen Wechselwirkungen möglichst zu begrenzen. Der Verlust der marinen Habitate und ihrer Artenvielfalt ist schon heute, unter den aktuellen Bedingungen, viel zu hoch wie auch der Verlust an intakten, ertragreichen Fischbeständen und beides droht sich mit dem fortschreitenden Klimawandel zuzuspitzen. Umwelt und Entwicklung sind dadurch gleichermaßen bedroht.

Die Fischerei sollte bei Antworten auf den Klimawandel mit Blick auf die Ozeane und Meere eine Schlüsselstellung einnehmen. Sie ist sowohl von Seiten des Meeresschutzes als auch von ihrer entwicklungspolitischen Dimension her ein entscheidendes Element für eine sinnvolle maritime Klimapolitik. Sicher betreffen sehr viele Entscheidungen zum Klimaschutz Probleme, die an Land ihren Ursprung haben. Die Ozeane und Meere zu vernachlässigen, wie es bereits viel zu lange geschehen ist, wäre jedoch ein fataler Fehler.

Nachruf

Wie so vieles andere im Meeresschutz hat diese Studie Onno Heye Tollef Groß angestoßen, er hat ihr eine Struktur gegeben und ihren Inhalt bestimmt. Am Ende hat er sie uns hinterlassen als eine von vielen, doch vor allem als eine seiner letzten Arbeiten, mit denen er versuchte etwas zum Besseren zu wenden für die Ozeane und uns alle.

Es war erschreckend, sehr traurig und sehr schwer nachzuvollziehen, als er am 4. Oktober 2016 viel zu früh verstarb. Ein Unfall riss ihn in Budapest aus dem Leben und nahm ihn seiner Familie, seiner Frau Anna und seinen Söhnen Heye und Tjark. Onno Groß war mehr als Kollege und Mitstreiter. Er war ein Ruhepol, eine Kontinuität, einer der weitermachte, auch wenn es nicht einfach war, der Stand hielt. Ein Fels in der Brandung wäre wohl das passende maritime Bild, wäre er nicht in Geist und Haltung weit umgänglicher und flexibler als der Fels gewesen. Es war immer eine Freude, ihn zu treffen und mit ihm zu arbeiten. Er verstand für den Meeresschutz einzutreten, auf allen Ebenen und auf allen Ebenen blieb er Mensch - ein freundlicher, zugänglicher und verständnisvoller Mensch. Seine Grenzen orientierten sich dabei nicht an den ihm zur Verfügung stehenden Ressourcen. Es war weniger eine materielle Frage als eine Frage der Überzeugung, eine Aufgabe, der er sich widmete mit Herz und Verstand. In Hamburg gründete Onno Groß DEEPWAVE und sie wurde mit ihm und seinen Mitstreiterinnen und Mitstreitern zu einer der treibenden Kräfte des Meeresschutzes in Deutschland. Von hier aus wirkte er und hier lernten wir ihn kennen und schätzen. Zu den unterschiedlichsten Themen, an vielen verschiedenen Orten fanden wir uns im Laufe der Jahre zusammen. Nun ist auf dem Papier der Kampf gegen die dramatischen Folgen des Klimawandels für unser aller Zukunft zum letzten Kapitel unserer gemeinsamen Anstrengungen geworden. Die Erinnerung an Onno Groß aber bleibt und im Geiste streiten wir weiter zusammen. Wir hoffen, wir haben diese Studie in deinem Sinne zu einem guten Ende gebracht.

Francisco Marí
Brot für die Welt

Kai Kaschinski,
Fair Oceans

Über den Autor

Dr. Onno Groß studierte Meeresbiologie an den Universitäten Hamburg und Tübingen. Zunächst erforschte er die Tiefsee und publizierte später dann als Umweltjournalist eine Vielzahl von Beiträgen zu Meeresbiologie und -schutz. Zudem war er als Berater in Fragen des Meeresschutzes tätig. Onno Groß war Gründer und bis zu seinem Tod 2016 Vorsitzender des Meeresschutzvereins DEEPWAVE mit Sitz in Hamburg.

Literaturverzeichnis

Barange, Manuel/R. Ian Perry (2009): Physical and ecological impacts of climate change relevant to marine and inland capture fisheries and aquaculture. In: Cochrane, Kevin et al. (Hrsg.): Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 530. Rom, S. 7-106.

Barange, Manuel et al. (2018): Impacts of climate change on fisheries and aquaculture. Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 627. Rom, S. 628.

Barbier, Edward B. (2015): Climate Change Impacts on Rural Poverty in Low-Elevation Coastal Zones. World Bank, Development Economics, Policy Research Working Paper 7475.

Belhabib, Dyhia et al. (2016): Best for pleasure, not for business. Evaluating recreational marine fisheries in West Africa using unconventional sources of data. In: Palgrave Communications 2:15050. DOI: 10.1057/palcomms.2015.50.

Bell, Johann D. et al. (2013a): Mixed responses of tropical Pacific fisheries and aquaculture to climate change. In: Nature Climate change. DOI: 10.1038/nclimate1838.

Bell, Johann D. et al. (2013b): Mixed responses of tropical Pacific fisheries and aquaculture to climate change. Nature Climate change. Veröffentlicht unter: https://www.nature.com/articles/nclimate1838#Sec16, 20.04.2020.

Bell, Johann D./Taylor, Mary (2015): Building climate-resilient food systems for Pacific Islands. Programme Report: 2015-15. WorldFish (Hrsg.). Penang, Malaysia.

Bennett, Abigail et al. (2018): Contribution of Fisheries to Food and Nutrition Security. Current Knowledge, Policy, and Research. NI Report 18-02, Duke University, Durham.

BIOACID (2021): https://www.oceanacidification.de/publikationen, 03.03.2021.

Blasiak, Robert et al. (2017): Climate change and marine fisheries. Least developed countries top global index of vulnerability. In: PloS ONE 12(6): e0179632. DOI: 10.1371/journal.pone.0179632.

Boyd, Philip et al. (2014): Cross-chapter box on net primary production in the ocean. In: Field, C.B. et al. (Hrsg.): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge und New York, S. 133-136.

Breitburg, Denise et al. (2018): The ocean is losing its breath. Declining oxygen in the world's ocean and coastal waters. In: IOC Technical Series 137. Paris.

Burke et al. (2011): Reefs at Risk Revisited. World Resources Institute.

Cheung, Willam et al. (2015): Predicting Future Oceans. Climate Change, Oceans and Fisheries. The Nippon Foundation, University of British Columbia, Nereus Program.

Church, John A. et al. (2013): Sea level change.
Veröffentlicht unter: http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter13_final.pdf

Coalition for Urban Transitions (2019): Climate Emergency - Urban Opportunity. How national governments can secure economic prosperity and avert climate catastrophe by transforming cities. London, Washington, DC. Veröffentlicht unter: https://urbantransitions.global/urban-opportunity/.

Collins, Matthew et al. (2013): Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: Stocker, T.F. et al. (Hrsg.): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge und New York, S. 1029-1136.

Diaz, Robert J./Rutger Rosenberg (2008): Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems. In: Science 321 (5891), S. 926-929. DOI: 10.1126/science.1156401.

Edmonds, Douglas A.et al. (2020): Coastal flooding will disproportionately impact people on river deltas. In: Nature Communications 11, 4741. DOI: 10.1038/s41467-020-18531-4.

Ellison, Joanna (2000): How South Pacific mangroves may respond to predicted climate change and sea level rise. In: Gillespie, Alexander / William C.G. Burns (Hrsg.): Climate change in the South Pacific: Impacts and responses in Australia, New Zealand, and small islands states. Dordrecht, Niederlande, S. 289-301.

FAO (2016): Scoping study on decent work and employment in fisheries and aquaculture: Issues and actions for discussion and programming. Veröffentlicht unter: http://www.fao.org/3/i5980e/i5980e.pdf, 04.08.2021

FAO (2018a): Food Outlook. Biannual Report on Global Food Markets – November 2018. Veröffentlicht unter: www.fao.org/3/ca2320en/CA2320EN.pdf, 17.04.2020.

FAO (2018b): The State of World Fisheries and Aquaculture 2018. Meeting the sustainable development goals. Rom.

FAO (2020): The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rom.

FAO-FIGIS (2020a): Fisheries Global Information System. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Veröffentlicht unter: http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/usr/local/tomcat/8.5.16/figis/webapps/figis/temp/hqp_6243208798171307508.xml&outtype=html, 18.04.2020.

FAO-FIGIS (2020b): Fisheries Global Information System. FAO Fisheries and Aquaculture Department. Veröffentlicht unter: http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/usr/local/tomcat/8.5.16/figis/webapps/figis/temp/hqp_5912036685248491962.xml&outtype=html, 18.04.2020.

FAOSTAT (2018): Consumption. FAO Statistics Division. Veröffentlicht unter: http://www.fao.org/faostat/en/#data/CL, 20.04.2020.

Federici, Sandro et al. (2015): New estimates of CO_2 forest emissions and removals: 1990-2015. In: Forest Ecology and management 352, S. 89-98. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.04.022.

de Fontaubert, Charlotte/Indrani Lutchman (2003): Achieving Sustainable Fisheries. Implementing the New International legal Regime. IUCN (Hrsg.). Gland, Schweiz und Cambridge, UK.

Fourqurean, James W. et al. (2012): Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. In: Nature Geoscience 5 (7), S. 505–509. DOI: 10.1038/ngeo1477.

Frank, Kenneth et al. (2016): Large scale, synchronous variability of marine fish populations driven by commercial exploitation. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 113 (29), S. 8248–8253. DOI: 10.1073/pnas.1602325113.

Froehlich, Halley E. et al. (2018): Comparative terrestrial feed and land use of an aquaculture-dominant world. In: PNAS 115 (20), S. 5295-5300. DOI: 10.1073/pnas.1801692115.

Gilman, Eric et al. (2007): Assessment of mangrove response to projected relative sea-level rise and recent historical reconstruction of shoreline position. In: Environmental Monitoring and Assessment 124 (1-3), S. 105-130. DOI: 10.1007/s10661-006-9212-y.

Gustavsson, Jenny et al. (2011): Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention. FAO (Hrsg.). Rom.

Henson, Stephanie A. et al. (2011): A reduced estimate of the strength of the ocean's biological carbon pump. In: Geophysical Research Letters 38 (4). DOI: 10.1029/2011GL046735.

Hoegh-Guldberg, Ove et al. (2014): The Ocean. In: Field, C.B. et al. (Hrsg.): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge und New York, S. 1655-1731.

Hönisch, Bärbel et al. (2012): The geological record of ocean acidification. In: Science 335 (6072), S. 1058–1063. DOI: 10.1126/science.1208277.

IGBP, IOC, SCOR (2013): Ozeanversauerung. Zusammenfassung für Entscheidungsträger – Third Symposium on the Ocean in a High-CO_2 World. International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm, Schweden.

Ilyina, Tatiana/Irene Stemmler (2017): Veröffentlicht unter: https://www.faz.net/aktuell/wissen/erde-klima/spuren-des-klimawandels-sauer-ist-gar-nicht-lustig-15309764.html.

Inniss, Lorna et al. (2016): The First Global Integrated Marine Assessment. World Ocean Assessment I. UN.

Veröffentlicht unter: https://www.un.org/regularprocess/content/first-world-ocean-assessment.

IPCC (2019): IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. In press.

Kaempf, Jochen/Piers Chapman (2016): Locations of significant coastal upwelling regions in the world ocean. In: Upwelling Systems of the World. Schweiz, S. 31-65. DOI: 10.1007/978-3-319-42524-5.

Kaschinski, Kai (2020): Ozeane in der Klimakrise – Folge 1 – Zu den globalen Risiken des marinen Klimawandels. Fair Oceans.

Katikiro, Robert E./ Edison D. Macusi (2012): Climate Change on West African Fisheries and its Implications on Food Production. Journal of Environmental Science and Management, Dez. 2012.

Kimura, Tadashi et al. (2014): Status of Coral Reefs in East Asian Seas Region: 2014. Ministry of the Environment of Japan and Japan Wildlife Research Center, Tokyo.

Kuczynski, Lucie et al. (2017): Indirect effect of temperature on fish population abundances through phenological changes. In: PLoS ONE 12 (4). DOI: 10.1371/journal.pone.0175735.

Kuenzer, Claudia/Fabrice G. Renaud (2012): Climate and Environmental Change in River Deltas Globally. Expected Impacts, Resilience, and Adaptation. In: Renaud, Fabrice/ Claudia Kuenzer (Hrsg.): The Mekong Delta System. Dordrecht, S. 7-46. DOI: 10.1007/978-94-007-3962-8_2.

Kuhlbrodt, Till et al. (2009): An Integrated Assessment of changes in the thermohaline circulation. In: Climatic Change. DOI: 10.1007/s10584-009-9561-y.

Kulp, Scott A./Benjamin H. Strauss (2019): New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding. In. Nature Communications 10, 4844. DOI: 10.1038/s41467-019-12808-z.

Kuzma, Samantha /Tianyi Luo (2020): The Number of People Affected by Floods Will Double Between 2010 and 2030. In: World Resources Institute. Veröffentlicht unter https://www.wri.org/blog/2020/04/aqueduct-floodsinvestment-green-gray-infrastructure.

Kwiatkowski, Lester et al. (2017): Emergent constraints on projections of declining primary production in the tropical oceans. In: Nature Climate Change 7, S. 355–358. DOI: 10.1038/NCLIMATE3265.

Laffoley, Dan/John Baxter (Hrsg.) (2019): Ocean deoxygenation: Everyone's problem - Causes, impacts, consequences and solutions. IUCN. Gland, Schweiz. S. 580 pp.
Lehodey, Patrick et al. (2011): Vulnerability of oceanic fisheries in the tropical Pacific to climate change. In: Bell, Johann D. et al. (Hrsg.): Vulnerability of Tropical Pacific Fisheries and Aquaculture to Climate Change. Secretariat of the Pacific Community. Noumea, S. 433–492.

Le Quéré, Corinne et al. (2013): The global carbon budget 1959–2011. In: Earth Syst. Sci. Data 5, S. 165–185. DOI: 10.5194/essd-5-165-2013, 2013.

MRAG Asia Pacific (2016): Towards the Quantification of Illegal, Unreported and Unregulated (IUU) Fishing in the Pacific Islands Region.

Myers, Ramson A./Boris Worm (2003): Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. In: Letters to Nature 423, S. 280-284. DOI: 10.1038/nature01610.

Neubauer, Philipp/Ken H. Andersen (2019): Thermal performance of fish is explained by an interplay between physiology, behaviour and ecology. In: Conservation Physiology 7. DOI: 10.1093/conphys/coz025.

Neumann, Barbara et al. (2015): Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding. A Global Assessment. In: PLoS ONE 10 (3): e0118571. DOI:10.1371/journal.pone.0118571.

Nicholls, R. J. (2011): Planning for the impacts of sea level rise. In: Oceanography 24 (2), S. 144–157. DOI:10.5670/oceanog.2011.34.

Nurse, Leonard A. et al. (2014): Small islands. In: Barros, V.R. et al. (Hrsg.): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge und New York, S. 1613-1654.

OECD (2020): Fish landings (indicator). Veröffentlicht unter: https://doi.org/10.1787/93a69a82-en, 20.04.2020.

OECD-FAO (2019): AGRICULTURAL OUTLOOK 2019-2028. Veröffentlicht unter: http://www.fao.org/3/CA4076EN/CA4076EN_Chapter6_Meat.pdf

Oremus, Kimberly L. et al. (2020): Governance challenges for tropical nations losing fish species due to climate change. In: Nature Sustainability 3, S. 277–280.

Orr, James C. et al. (2005): Anthropogenic ocean acidification over the twentyfirst century and its impact on calcifying organisms. In: Nature 437, S. 681–686.

Pauly, Daniel/ Dirk Zeller (2016): Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. In: Nature communications 7, S. 10244 ff. DOI: 10.1038/ncomms10244.

Pershing, Andrew J. et al. (2015): Slow adaptation in the face of rapid warming leads to collapse of the Gulf of Maine cod fishery. In: Science 350 (6262). New York, S. 809–812. DOI: 10.1126/science.aac9819.

Pörtner, Hans-O. et al. (2014): Ocean systems. In: Field, C.B. et al. (Hrsg.): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge und New York, S. 411-484.

Pratchett, Morgan S. et al. (2011): Vulnerability of coastal fisheries in the tropical Pacific to climate change. In: Bell, Johann D. et al. (Hrsg.): Vulnerability of Tropical Pacific Fisheries and Aquaculture to Climate Change. Secretariat of the Pacific Community. Noumea, S. 493–576.

Reygondeau, Gabriel (2019): Current and future biogeography of marine exploited groups under climate change. In: Cisneros-Montemayor, A.M. et al.: Predicting Future Oceans. Sustainability of Ocean and Human Systems Amidst Global Environmental Change, S. 87-101. DOI: 10.1016/B978-0-12-817945-1.00009-5.

Rhein, Monika et al. (2013): Observations: Ocean. In: Stocker, T.F. et al. (Hrsg.): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge und New York, S. 255-315.

Silvestri, Silvia/Francine Kershaw (2010): Framing the Flow. Innovative Approaches to Understand, Protect and Value Ecosystem Services across Linked Habitats. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge.

Sumaila, Rashid et al. (2020): Illicit trade in marine fish catch and its effects on ecosystems and people worldwide. Science Advances Vol. 6, Nr. 9/2020.

UNDRR (2020): 2019 Annual Report. Genf.

UNEP (2014): The Adaptation Gap Report 2014. United Nations Environment Programme (Hrsg.). Nairobi.

UN-DESA (2015): Risks of Exposure and Vulnerability to Natural Disasters at the City Level: A Global Overview. New York.

Vargas, Cristian A. et al. (2013): CO_2-driven ocean acidification reduces larval feeding efficiency and changes food selectivity in the mollusk Concholepas concholepas. In: Journal of Plankton Research 35 (5), S 1059-1068. DOI: 10.1093/plankt/fbt045.

Volkov, Denis L. et al. (2017): Decade-long deep-ocean warming detected in the subtropical South Pacific. In: Geophysical Research Letters 44, S. 927-936. DOI: 10.1002/2016GL071661.

von Schuckmann, Karina et al. (2018): Copernicus Marine Service Ocean State Report. Issue 2. In: Journal of Operational Oceanography, 11:sup1, S1-S142, DOI: 10.1080/1755876X.2018.1489208

Weatherdon, Lauren V. et al. (2016): Projected Scenarios for Coastal First Nations' Fisheries Catch Potential under Climate Change. Management Challenges and Opportunities. In: PLoS ONE 11 (1): e0145285. DOI: 10.1371/journal.pone.0145285.

World Meteorological Organization (2019): WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018. WMO-No. 1233. Veröffentlicht unter: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5789, 20.04.2020.

World Ocean Review (2013): WOR Nr. 2. Die Zukunft der Fische - die Fischerei der Zukunft. Hamburg.

Yang, Hu et al. (2020): Poleward shift of the major ocean gyres detected in a warming climate. In: Geophysical Research Letters 47, e2019GL085868. DOI: 10.1029/2019GL085868

Brot für die Welt
Evangelisches Werk für Diakonie und Entwicklung e. V.

Caroline-Michaelis-Straße 1
10115 Berlin

Telefon +49 30 65211 0
Fax +49 30 65211 3333
info@brot-fuer-die-welt.de
www.brot-fuer-die-welt.de