MANAGEMENT DES RISIKOS VON EXTREMEREIGNISSEN UND KATASTROPHEN ZUR FÖRDERUNG DER ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL

ZUSAMMENFASSUNG FÜR POLITISCHE ENTSCHEIDUNGSTRÄGER

SONDERBERICHT DES ZWISCHENSTAATLICHEN AUSSCHUSSES FÜR KLIMAÄNDERUNGEN (IPCC)

ipcc

WMO UNEP

Management des Risikos von Extremereignissen und Katastrophen zur Förderung der Anpassung an den Klimawandel

Sonderbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC)

Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

Herausgegeben von

Christopher B. Field
Ko-Vorsitzender
Arbeitsgruppe II
Carnegie Institution for Science

Vicente Barros
Ko-Vorsitzender
Arbeitsgruppe II
CIMA / Universidad de Buenos Aires

Thomas F. Stocker
Ko-Vorsitzender
Arbeitsgruppe I
Universität Bern

Qin Dahe
Ko-Vorsitzender
Arbeitsgruppe I
Chinesischer Wetterdienst

David Jon Dokken

Kristie L. Ebi

Michael D. Mastrandrea

Katharine J. Mach

Gian-Kasper Plattner

Simon K. Allen

Melinda Tignor

Pauline M. Midgley

Englisches Original

© 2012 Intergovernmental Panel on Climate Change

IPCC, 2012: Summary for Policymakers. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp. ISBN 978-1-107-02506-6 (Hardback), ISBN 978-1-107-60780-4 (Paperback).

Herausgegeben von: Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, WMO/UNEP)

Titelfoto: Ein Landwirt arbeitet auf einem durch Dürre ausgetrockneten Reisfeld im Randgebiet von Chongqing (März, 2009). © Reuters

Die englische Originalversion dieses Dokuments ist in elektronischer Form auf der IPCC-Webseite unter www.ipcc.ch und auf der Webseite der IPCC-Arbeitsgruppe II (http://ipcc-wg2.gov/SREX/) erhältlich. Die Druckversion ist bei Cambridge University Press erschienen und kann über den Buchhandel bezogen werden.

Deutsche Übersetzung:

Die vorliegende Übersetzung ist keine offizielle Übersetzung durch den IPCC. Sie wurde erstellt mit dem Ziel, die im Originaltext verwendete Sprache möglichst angemessen wiederzugeben.

Herausgeber: Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, DLR Projektträger
DLR Projektträger, Umwelt, Kultur, Nachhaltigkeit
Heinrich-Konen-Straße 1, 53227 Bonn
E-Mail: info@de-ipcc.de

Übersetzung: Tobias Brokmeier unter Mitwirkung von Andreas Baumgärtner, Carola Best, Joern Birkmann, Achim Daschkeit, Britt K. Erxleben, Dorothea Frank, Sachiko Ito, Christina Koppe-Schaller, Reinhard Mechler, Pauline M. Midgley, Birgit Nabbefeld, Alexander Nauels, Gian-Kasper Plattner, Klaus Radunksy, Markus Reichstein, Heidi Schulte, Christiane Textor

Layout: CD Werbeagentur GmbH

Druckerei: M & E Druckhaus, Belm

Finanzierung: Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF, www.bmbf.de)
Deutsches Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB, www.bmub.bund.de)

Diese deutsche Übersetzung sollte zitiert werden als:
IPCC, 2012: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: *Management des Risikos von Extremereignissen und Katastrophen zur Förderung der Anpassung an den Klimawandel* [Field, C. B., V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G.-K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor und P. M. Midgley (Hrsg.)]. Ein Sonderbericht der Arbeitsgruppen I und II des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen. Weltorganisation für Meteorologie, Genf, Schweiz, 24 Seiten (auf Arabisch, Chinesisch, Englisch, Französisch, Russisch und Spanisch). Deutsche Übersetzung durch die Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2015.

Bezugsquellen für Übersetzungen

Deutsche Übersetzungen können von der Webseite www.de-ipcc.de als PDF-Datei heruntergeladen werden. Kostenfreie Exemplare der Druckversion sind bei der Deutschen IPCC-Koordinierungsstelle erhältlich.

Als VN-Gremium veröffentlicht der IPCC seine Berichte nur in den sechs offiziellen VN-Sprachen (Arabisch, Chinesisch, Englisch, Französisch, Russisch, Spanisch). Versionen in diesen Sprachen stehen auf www.ipcc.ch zum Herunterladen zur Verfügung oder können vom IPCC-Sekretariat (Adresse: 7bis Avenue de la Paix, C.P. 2300, 1211 Geneva 2, Schweiz; E-Mail: ipcc-sec@wmo.int) bezogen werden.

ISBN: 978-3-00-039367-9

Vorwort

Dieser Sonderbericht zum „Management des Risikos von Extremereignissen und Katastrophen zur Förderung der Anpassung an den Klimawandel (Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation – SREX)" entstand durch die Zusammenarbeit der Arbeitsgruppen I (WGI) und II (WGII) des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Der Bericht konzentriert sich auf den Zusammenhang zwischen dem Klimawandel und extremen Wetter- und Klimaereignissen, die Folgen solcher Ereignisse und die Strategien für den Umgang mit den damit verbundenen Risiken.

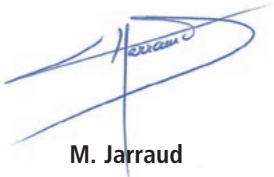
Der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) wurde 1988 gemeinsam von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) gegründet, insbesondere, um in umfassender, objektiver und transparenter Weise alle relevanten wissenschaftlichen, technischen und sozioökonomischen Informationen zu bewerten. Dies soll zum Verständnis der wissenschaftlichen Grundlagen des Risikos eines von Menschen verursachten Klimawandels, dessen potenziellen Folgen sowie der Anpassungs- und Minderungsmöglichkeiten beitragen. Seit 1990 hat der IPCC eine Reihe von Sachstandsberichten, Sonderberichten und Technischen Abhandlungen, Methodikberichten und weiteren wichtigen Dokumenten veröffentlicht, die seither politischen Entscheidungsträgern und Wissenschaftlern als Standardreferenz dienen.

Dieser Sonderbericht trägt insbesondere dazu bei, die Herausforderung des Umgangs mit extremen Wetter- und Klimaereignissen als eine Frage der Entscheidungsfindung unter Unsicherheit herauszuarbeiten, indem Reaktionen im Kontext des Risikomanagements analysiert werden. Der Bericht besteht aus neun Kapiteln und behandelt das Risikomanagement, beobachtete und projizierte Veränderungen extremer Wetter- und Klimaereignisse, Exposition und Verwundbarkeit hinsichtlich solcher Ereignisse und daraus resultierende Verluste, Anpassungsmöglichkeiten auf lokaler bis internationaler Ebene, die Bedeutung von nachhaltigen Entwicklung bei der Risikoregulierung sowie Erkenntnisse aus spezifischen Fallstudien.

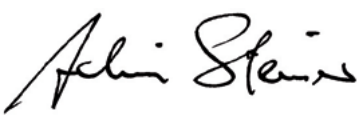
Die erfolgreiche Erarbeitung dieses Berichtes war in erster Linie abhängig von dem Wissen, der Integrität, der Begeisterung und der Zusammenarbeit hunderter Experten aus zahlreichen unterschiedlichen Fachrichtungen weltweit. Wir möchten allen koordinierenden Leitautoren, Leitautoren, mitwirkenden Autoren, Begutachtungseditoren und Experten- und Regierungsgutachtern unseren Dank aussprechen, die mit beträchtlichem Fachwissen, Zeit und Arbeitsaufwand an der Erstellung dieses Berichtes beteiligt waren. Wir sind äußerst dankbar für ihren Einsatz im IPCC-Prozess und möchten auch den Mitarbeiten der Geschäftsstellen (Technical Support Units, TSUs) der Arbeitsgruppen I und II sowie dem IPCC-Sekretariat für ihren uneingeschränkten Einsatz bei der Erarbeitung eines solch anspruchsvollen und äußerst bedeutenden Sonderberichtes des IPCC danken.

Wir danken auch den Regierungen, die die Beteiligung ihrer Wissenschaftler an dieser Aufgabe unterstützt haben sowie all jenen, die zum IPCC-Treuhandfonds und damit zur unentbehrlichen Beteiligung von Wissenschaftlern aus Entwicklungsländern beigetragen haben. Unser Dank gilt insbesondere auch den Regierungen von Australien, Panama, der Schweiz und Vietnam, die die Arbeitssitzungen in ihren Ländern ausgerichtet haben, sowie der Regierung von Uganda, die in Kampala die erste gemeinsame Sitzung der Arbeitsgruppen I und II ausgerichtet hat, auf der der Bericht verabschiedet wurde. Unser Dank gilt auch den Regierungen der Schweiz und der Vereinigten Staaten von Amerika für die Finanzierung der Geschäftsstellen von Arbeitsgruppen I bzw. II. Wir möchten uns auch für die Zusammenarbeit mit der Regierung von Norwegen, die wesentliche Unterstützung für Sitzungen und Öffentlichkeitsarbeit geleistet hat, und mit der Internationalen Strategie zur Katastrophenvorsorge der Vereinten Nationen (ISDR) bei der Vorbereitung des ursprünglichen Vorschlags für den Bericht bedanken.

Unserer besonderer Dank gilt dem Vorsitzenden des IPCC, Dr. Rajendra Pachauri, für seine Beratung und Leitung des IPCC-Prozesses sowie den Ko-Vorsitzenden der Arbeitsgruppen II und I, den Professoren Vicente Barros, Christopher Field, Qin Dahe und Thomas Stocker für ihre Führung während der Erarbeitung dieses Sonderberichtes.



M. Jarraud
Generalsekretär
Weltorganisation für Meteorologie (WMO)



A. Steiner
Exekutivdirektor
Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP)

Einleitung

Dieser Band – Management des Risikos von Extremereignissen und Katastrophen zur Förderung der Anpassung an den Klimawandel – ist ein Sonderbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Der Bericht wurde gemeinsam von der Arbeitsgruppe I (WGI) und der Arbeitsgruppe II (WGII) erarbeitet. Das Leitungsteam des IPCC für diesen Bericht ist auch verantwortlich für den Fünften Sachstandsbericht des IPCC, dessen Veröffentlichung für 2013 und 2014 geplant ist.

Der Sonderbericht bringt wissenschaftliche Gemeinden mit Fachwissen aus drei sehr unterschiedlichen Bereichen des Risikomanagements im Hinblick auf extreme Wetter- und Klimaereignisse zusammen. Für diesen Bericht kamen Spezialisten aus den Bereichen des Katastrophen-Recovery, des Katastrophen-Risikomanagements und der Katastrophen-Risikominderung, einer wissenschaftlichen Gemeinde, die für den IPCC überwiegend neu war, mit Experten aus den Bereichen der wissenschaftlichen Grundlagen zur Klimaänderung (Arbeitsgruppe I) und der Folgen der Klimaänderung, Anpassung und Verwundbarkeit (Arbeitsgruppe II) zusammen. Während der mehr als zwei Jahre, die für die Bewertung von Informationen und die Erstellung des Berichtes aufgewandt wurden, bauten Wissenschaftler aus diesen drei wissenschaftlichen Gemeinden gemeinsame Ziele und Ergebnisse auf.

Extreme Wetter- und Klimaereignisse haben in den vergangenen Sachstandsberichten des IPCC eine bedeutende Rolle gespielt. Extreme können zu Katastrophen beitragen, jedoch wird Katastrophenrisiko von mehr als nur den physikalischen Gefahren beeinflusst. Katastrophenrisiko entwickelt sich aus der Interaktion von Wetter- bzw. Klimaereignissen – den physikalischen Faktoren des Katastrophenrisikos – mit den den Menschen betreffenden Risikofaktoren: Exposition und Verwundbarkeit. Die Kombination von schwerwiegenden Konsequenzen, Seltenheit und den Menschen betreffenden sowie physikalischen Faktoren erschwert die Erforschung von Katastrophen. Erst in den letzten Jahren hat sich die Wissenschaft von diesen Ereignissen, deren Folgen und Möglichkeiten des Umgangs mit ihnen weit genug entwickelt, um eine umfassende Bewertung zu ermöglichen. Dieser Bericht stellt eine sorgfältige Bewertung der wissenschaftlichen, technischen und sozioökonomischen Kenntnisse bis Mai 2011 dar, dem Ausschlussdatum für die einbezogene Literatur.

Der Sonderbericht brachte einige wichtige Neuerungen in den IPCC ein. Zum einen war dies die Bündelung von Kenntnissen und Perspektiven aus den Bereichen der Arbeitsgruppen I und II und der wissenschaftlichen Gemeinde des Katastrophenrisikomanagements in einem einzigen Sonderbericht. Eine zweite wichtige Neuerung war der Schwerpunkt des Berichts auf Anpassung und Katastrophenrisikomanagement. Eine dritte Neuerung bestand in einem Plan für eine anspruchsvolle Öffentlichkeitsarbeit. Diese Neuerungen und alle Aspekte des Berichts werden von einer starken Verpflichtung gegenüber dem Grundsatz getragen, Wissenschaft in einer Weise zu bewerten, die zwar politik-relevant, jedoch politik-neutral ist.

Der Prozess

Der Sonderbericht repräsentiert die vereinten Anstrengungen hunderter führender Experten. Die norwegische Regierung und die Internationale Strategie zur Katastrophenvorsorge der Vereinten Nationen haben im September 2008 einen Vorschlag für den Bericht beim IPCC eingereicht. Im Anschluss daran fand im März 2009 eine Scoping-Sitzung zur Erarbeitung eines Gliederungsvorschlags statt. Nach Genehmigung der Gliederung im April 2009 nominierten Regierungen und Beobachterorganisationen die Experten für das Autorenteam. Das von den Vorstand der Arbeitsgruppen I und II bestätigte Team bestand aus 87 koordinierenden Leitautoren und Leitautoren sowie 19 Begutachtungseditoren. Darüber hinaus haben 140 mitwirkende Autoren Entwurfstexte und Informationen beim Autorenteam eingereicht. Die Berichtsentwürfe wurden für eine formelle Begutachtung zweimal in Umlauf gegeben, zuerst an Experten und im Anschluss sowohl an Experten als auch an Regierungen, was 18.784* gutachterliche Kommentare erbrachte. Die Autorenteams haben jeden Kommentar beantwortet und die Entwürfe – wo dies aus wissenschaftlicher Sicht angebracht war – entsprechend den Kommentaren geändert, während Begutachtungseditoren den Prozess überwachten. Der überarbeitete Bericht wurde der ersten gemeinsamen Sitzung von Arbeitsgruppen I und II (14. bis 17. November 2011) zur Prüfung vorgelegt. Bei der gemeinsamen Sitzung haben Delegierte aus über 100 Ländern die Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger Satz für Satz bewertet und einvernehmlich verabschiedet sowie den vollständigen Bericht anerkannt.

* Erratum: 18.611 (http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-Errata_June27_2012.pdf)

Struktur des Sonderberichtes

Dieser Bericht enthält eine Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger (Summary for Policymakers, SPM) sowie neun Kapitel. Verweise in der SPM beziehen sich auf erläuternde Abschnitte in den technischen Kapiteln, die nachprüfbare Quellenangaben zu jeder Hauptaussage enthalten. Die ersten zwei Kapitel legen die Grundlage für den restlichen Bericht dar. Kapitel 1 formuliert die Problematik extremer Wetter- und Klimaereignisse als Herausforderung für das Verständnis von und den Umgang mit Risiken. Hierbei wird der Begriff Risiko als Produkt der Überschneidung eines auslösenden physikalischen Ereignisses mit der Exposition von Menschen und Besitz und deren Verwundbarkeiten beschrieben. Kapitel 2 erforscht die bestimmenden Faktoren von Exposition und Verwundbarkeiten im Einzelnen, mit der Schlussfolgerung, dass jede Katastrophe sowohl soziale als auch physikalische Dimensionen hat. Kapitel 3, der größte Beitrag von Arbeitsgruppe I, ist eine Bewertung der wissenschaftlichen Literatur zu beobachteten und projizierten Veränderungen von extremen Wetter- und Klimaereignissen und – soweit möglich – deren Zuordnung zu Ursachen. Kapitel 4 bewertet beobachtete und projizierte Folgen unter Berücksichtigung sowohl sektoraler als auch regionaler Muster. Die Kapitel 5 bis 7 bewerten Erfahrung und Theorie in Anpassung an Extreme und Katastrophen mit Schwerpunkt auf Aspekte und Möglichkeiten auf der lokalen Ebene (Kapitel 5), nationalen Ebene (Kapitel 6) und internationalen Ebene (Kapitel 7). Kapitel 8 bewertet die Wechselwirkungen zwischen nachhaltiger Entwicklung, Verringerung von Verwundbarkeiten, und Katastrophenrisiken, sowohl unter Berücksichtigung der Möglichkeiten als auch der Grenzen sowie die verschiedenen Transformationen, die nötig sind, um solche Grenzen zu überwinden. Kapitel 9 entwickelt eine Reihe von Fallstudien, die die Rolle von Komplexität in der praktischen Erfahrung veranschaulichen, aber auch Beispiele wichtiger Fortschritte im Risikomanagement aufzeigen.

Danksagungen

Wir bedanken uns aufrichtig bei allen koordinierenden Leitautoren, Leitautoren, mitwirkenden Autoren, Begutachtungseditoren sowie Experten- und Regierungsgutachtern. Ohne ihr Fachwissen, Engagement und ihre Integrität sowie einen enormen Zeitaufwand hätte ein Bericht dieser Qualität niemals erstellt werden können. Wir möchten uns auch bei den Mitgliedern der Vorstände der Arbeitsgruppen I und II für ihre Unterstützung, Weisheit und ihre Vernunft während der Erstellung des Berichtes bedanken.

Insbesondere geht unser Dank an die bemerkenswerten Mitarbeiter der Geschäftsstellen der Arbeitsgruppen I und II für ihre Professionalität, Kreativität und ihr Engagement. In der Arbeitsgruppe I geht unser Dank an Gian-Kasper Plattner, Simon Allen, Pauline Midgley, Melinda Tignor, Vincent Bex, Judith Boschung und Alexander Nauels. In der Arbeitsgruppe II, der die logistische Leitung und Gesamtkoordination oblag, geht unser Dank an Dave Dokken, Kristie Ebi, Michael Mastrandrea, Katharine Mach, Sandy McCracken, Rob Genova, Yuka Estrada, Eric Kissel, Patricia Mastrandrea, Monalisa Chatterjee und Kyle Terran. Ihre unermüdlichen und sehr kompetenten Anstrengungen, den Sonderbericht zu koordinieren, führten zu einem Endprodukt von hoher wissenschaftlicher Qualität, während eine von Kollegialität und Respekt geprägte Atmosphäre stets gewahrt blieb.

Wir bedanken uns auch bei den Mitarbeitern des IPCC-Sekretariats: Renate Christ, Gaetano Leone, Mary Jean Burer, Sophie Schlingemann, Judith Ewa, Jesbin Baidya, Joelle Fernandez, Annie Courtin, Laura Biagioni, und Amy Smith Aasdam. Unser Dank geht ebenfalls an Francis Hayes (WMO), Tim Nuthall (European Climate Foundation) und Nick Nutall (UNEP).

Unser aufrichtiger Dank gilt den Gastgebern und Organisatoren der Scoping-Sitzung, der vier Leitautorentreffen und der Abschlusssitzung. Wir bedanken uns für die Unterstützung der Gastgeberländer: Norwegen, Panama, Vietnam, die Schweiz, Australien und Uganda. Wir freuen uns, der norwegischen Regierung einen besonderen Dank auszusprechen, die uns während der Erstellung des Sonderberichtes unermüdlich unterstützt hat.

Vicente Barros und Christopher B. Field
Ko-Vorsitzende der IPCC Arbeitsgruppe II

Qin Dahe und Thomas F. Stocker
Ko-Vorsitzende der IPCC Arbeitsgruppe I

Inhalt

Vorwort iii

Einleitung v

Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger 1

A. Hintergrund 2

B. Beobachtete Exposition, Verwundbarkeit, Klimaextreme, Folgen und Katastrophenschäden 5

C. Management von Katastrophenrisiko und Anpassung an den Klimawandel:

Erfahrungen mit Klimaextremen in der Vergangenheit 8

D. Künftige Klimaextreme, Folgen und Katastrophenschäden 11

E. Management sich ändernder Risiken von Klimaextremen und Katastrophen 15

SPM

Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

Autoren des Entwurfs:
Simon K. Allen (Schweiz), Vicente Barros (Argentinien), Ian Burton (Kanada), Diarmid Campbell-Lendrum (Großbritannien), Omar-Dario Cardona (Kolumbien), Susan L. Cutter (USA), O. Pauline Dube (Botswana), Kristie L. Ebi (USA), Christopher B. Field (USA), John W. Handmer (Australien), Padma N. Lal (Australien), Allan Lavell (Costa Rica), Katharine J. Mach (USA), Michael D. Mastrandrea (USA), Gordon A. McBean (Kanada), Reinhard Mechler (Deutschland), Tom Mitchell (Großbritannien), Neville Nicholls (Australien), Karen L. O'Brien (Norwegen), Taikan Oki (Japan), Michael Oppenheimer (USA), Mark Pelling (Großbritannien), Gian-Kasper Plattner (Schweiz), Roger S. Pulwarty (USA), Sonia I. Seneviratne (Schweiz), Thomas F. Stocker (Schweiz), Maarten K. van Aalst (Niederlande), Carolina S. Vera (Argentinien), Thomas J. Wilbanks (USA)

A. Hintergrund

In dieser Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger werden die wichtigsten Befunde aus dem Sonderbericht über das „Management des Risikos von Extremereignissen und Katastrophen zur Förderung der Anpassung an den Klimawandel (Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation – SREX)" vorgestellt. Im SREX wird die wissenschaftliche Literatur zu Fragenkomplexen bewertet, die vom Zusammenhang zwischen Klimawandel und extremen Wetter- und Klimaereignissen („Klimaextremen") bis hin zu den Auswirkungen dieser Ereignisse auf die Gesellschaft und die nachhaltige Entwicklung reichen. Die Bewertung umfasst die Interaktion zwischen Klima-, Umwelt- und den Menschen betreffenden Faktoren, die zu Folgen und Katastrophen führen können, Optionen zum Management der Risiken aufgrund dieser Folgen und Katastrophen sowie die bedeutende Rolle, die nichtklimatische Faktoren bei der Bestimmung der Folgen spielen. In Box SPM.1 sind Begriffe definiert, die für den SREX von zentraler Bedeutung sind.

Die Art und Schwere der Folgen von Klimaextremen hängen nicht nur von den Extremen selbst ab, sondern auch von Exposition und Verwundbarkeit. In diesem Bericht gelten nachteilige Folgen dann als Katastrophen, wenn sie weitverbreitete Schäden anrichten und schwerwiegende Veränderungen an den üblichen Abläufen in Gemeinschaften oder Gesellschaften verursachen. Klimaextreme, Exposition und Verwundbarkeit werden durch eine große Bandbreite von Faktoren wie dem anthropogenen Klimawandel, natürliche Klimaschwankungen und sozioökonomische Entwicklungen beeinflusst (Abbildung SPM.1). Im Mittelpunkt des Management von Katastrophenrisiko und der Anpassung an den Klimawandel stehen die Minderung von Exposition und Verwundbarkeit sowie die Steigerung der Resilienz gegenüber potenziellen nachteiligen Folgen von Klimaextremen, obgleich Risiken nicht vollständig beseitigt werden können (Abbildung SPM.2). Auch wenn die Minderung des Klimawandels (Mitigation) nicht den Schwerpunkt dieses Berichts bildet, können Anpassungs- und Minderungsmaßnahmen einander ergänzen und gemeinsam die Risiken des Klimawandels erheblich reduzieren. [SYR AR4, 5.3]

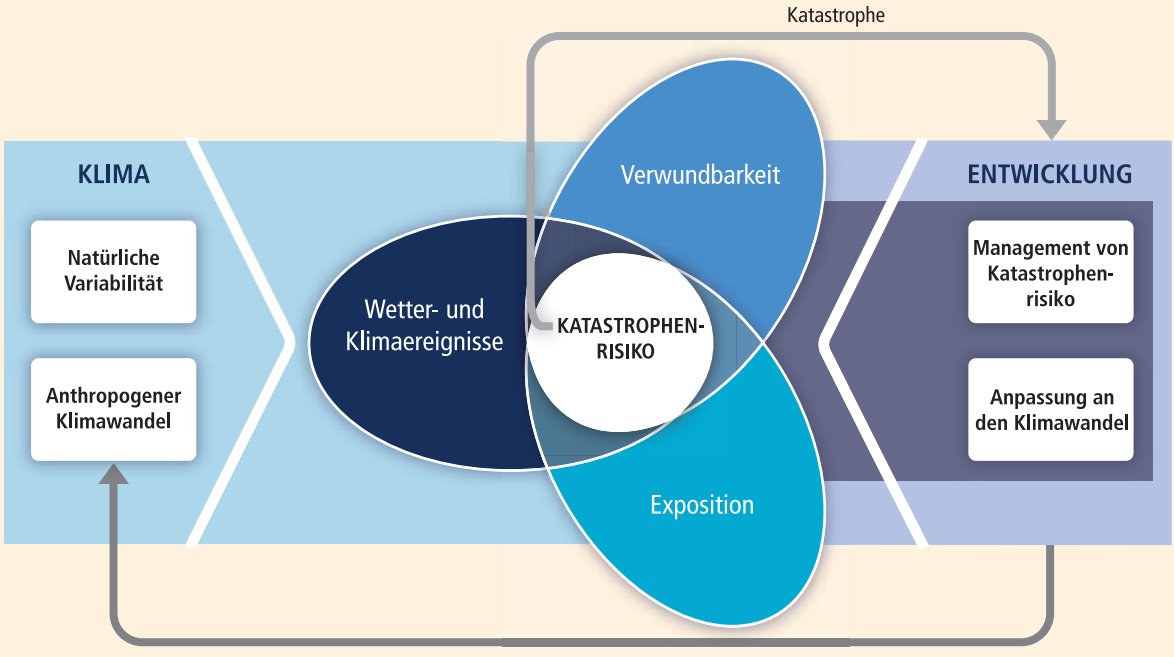


Abbildung SPM.1 | Veranschaulichung der Kernkonzepte des SREX. Der Bericht bewertet, wie Exposition und Verwundbarkeit gegenüber Wetter- und Klimaereignissen die Folgen und Wahrscheinlichkeit von Katastrophen (Katastrophenrisiko) bestimmen. Er bewertet den Einfluss der natürlichen Klimavariabilität und des anthropogenen Klimawandels auf Klimaextreme und andere Wetter- und Klimaereignisse, die zu Katastrophen beitragen können, sowie die Exposition und Verwundbarkeit der menschlichen Gesellschaft und natürlicher Ökosysteme. Ebenso berücksichtigt er die Rolle der Entwicklung bei Expositions- und Verwundbarkeitstrends, die Auswirkungen auf das Katastrophenrisiko und die Wechselwirkungen zwischen Katastrophen und Entwicklung. Der Bericht prüft, wie das Management von Katastrophenrisiko und die Anpassung an den Klimawandel die Exposition und Verwundbarkeit gegenüber Wetter- und Klimaereignissen vermindern und somit das Katastrophenrisiko reduzieren sowie die Resilienz gegenüber Risiken steigern können, die nicht ausgeschaltet werden können. Andere bedeutende Prozesse liegen weitgehend außerhalb des Untersuchungsbereichs dieses Berichts, darunter der Einfluss der Entwicklung auf Treibhausgasemissionen und den anthropogenen Klimawandel, sowie das Potenzial zur Minderung des anthropogenen Klimawandels. [1.1.2, Abbildung 1-1]

Box SPM.1 | Zentrale Begriffsdefinitionen im SREX

Im SREX-Glossar definierte und im gesamten Bericht verwendete Kernbegriffe[1]:

Klimawandel/Klimaänderung: Eine Änderung des Klimazustands, die (z. B. anhand statistischer Tests) an Veränderungen von Mittelwerten und/oder der Variabilität seiner Eigenschaften erkannt werden kann und für einen längeren Zeitraum – im Regelfall über Jahrzehnte oder länger – anhält. Der Klimawandel kann auf natürliche interne Prozesse oder externe Antriebe, oder auf anhaltende anthropogene Veränderungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre oder in der Landnutzung zurückzuführen sein[2].

Klimaextrem (extremes Wetter- oder Klimaereignis): Das Auftreten eines Wertes einer Wetter- oder Klimavariablen oberhalb (oder unterhalb) eines Schwellenwerts nahe dem oberen (bzw. unteren) Ende der Bandbreite beobachteter Werte dieser Variablen. Zur Vereinfachung werden sowohl extreme Wetterereignisse als auch extreme Klimaereignisse gemeinsam als „Klimaextreme" bezeichnet. Die vollständige Definition ist Abschnitt 3.1.2 zu entnehmen.

Exposition: Das Vorhandensein von Menschen, Erwerbsmöglichkeiten, Umweltdiensten und Ressourcen, Infrastruktur oder wirtschaftlichen, sozialen oder kulturellen Gütern an Orten, die nachteilig betroffen sein könnten.

Verwundbarkeit (Vulnerabilität): Die Neigung oder Prädisposition, nachteilig betroffen zu sein.

Katastrophe: Schwerwiegende Veränderungen der üblichen Abläufe in einer Gemeinschaft oder Gesellschaft infolge von gefährlichen physischen Ereignissen, welche mit verwundbaren sozialen Umständen wechselwirken und so für Menschen, Güter, Wirtschaft oder Umwelt zu weitverbreiteten nachteiligen Wirkungen führen, die sofortige Notfallmaßnahmen zur Erfüllung kritischer Bedürfnisse des Menschen erfordern, wobei für eine Erholung auch externe Unterstützung benötigt werden kann.

Katastrophenrisiko: Die für einen festgelegten Zeitraum gegebene Wahrscheinlichkeit von schwerwiegenden Veränderungen der üblichen Abläufe einer Gemeinschaft oder Gesellschaft infolge von gefährlichen physischen Ereignissen, die mit verwundbaren sozialen Umständen wechselwirken, und so für Menschen, Güter, Wirtschaft oder Umwelt zu weitverbreiteten nachteiligen Wirkungen führen, die sofortige Notfallmaßnahmen zur Erfüllung kritischer Bedürfnisse des Menschen erfordern, wobei für eine Erholung auch externe Unterstützung benötigt werden kann.

Management von Katastrophenrisiko: Prozesse zur Konzeption, Umsetzung und Bewertung von Strategien, politischen Konzepten und Maßnahmen zur Verbesserung des Verständnisses von Katastrophenrisiko, zur Unterstützung einer Verringerung und Übertragung von Katastrophenrisiko und zur Förderung fortlaufender Verbesserungen bei Methoden für die Katastrophenvorsorge, für Katastropheneinsätze und für die Erholung nach der betreffenden Katastrophe, mit dem ausdrücklichen Zweck einer Erhöhung der Sicherheit, des Wohlergehens, der Lebensqualität und der Resilienz des Menschen sowie der nachhaltigen Entwicklung.

Anpassung: In Systemen des Menschen der Prozess des Sich-Einstellens auf das jetzige oder erwartete Klima und dessen Auswirkungen, um Schaden zu begrenzen oder vorteilhafte Chancen auszunutzen. In natürlichen Systemen der Prozess des Sich-Einstellens auf das jetzige Klima und dessen Auswirkungen; Eingreifen des Menschen kann das Sich-Einstellen auf das erwartete Klima möglicherweise erleichtern.

Resilienz: Die Fähigkeit eines Systems und seiner Bestandteile, ein gefährliches Ereignis rechtzeitig und effizient vorherzusehen, aufzunehmen, aufzufangen oder sich von dessen Auswirkungen zu erholen, darunter auch durch Sicherstellung der Wahrung, Wiederherstellung, oder Verbesserung seiner wesentlichen Grundstrukturen und Basisfunktionen.

Transformation: Die Veränderung grundlegender Eigenschaften eines Systems (unter Einschluss von Wertesystemen sowie ordnungspolitischen, legislativen oder behördlichen Regelwerken, von Finanzinstitutionen und von technischen oder biologischen Systemen).

---

[1] Um die Vielfalt der an diesem Bericht beteiligten Gemeinschaften und den wissenschaftlichen Fortschritt widerzuspiegeln, weichen mehrere der in diesem Sonderbericht verwendeten Begriffsdefinitionen in Umfang oder Ausrichtung von den im Vierten Sachstandsbericht und in anderen IPCC-Berichten verwendeten Definitionen ab.

[2] Diese Definition weicht von der im Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) verwendeten Begriffsbestimmung ab, worin Klimawanwdel folgendermaßen definiert ist: „Eine Klimaänderung, die unmittelbar oder mittelbar auf Tätigkeiten des Menschen zurückzuführen ist, welche die Zusammensetzung der Erdatmosphäre verändern, und die zu den über vergleichbare Zeiträume beobachteten natürlichen Klimaschwankungen hinzukommt." Das UNFCCC unterscheidet somit zwischen dem Klimawandel, der auf Tätigkeiten des Menschen zurückzuführen ist, welche die Zusammensetzung der Atmosphäre verändern, und die auf natürliche Ursachen zurückzuführende Klimavariabilität.

Konzepte zur Anpassung und zum Management von Katastrophenrisiko für ein sich wandelndes Klima

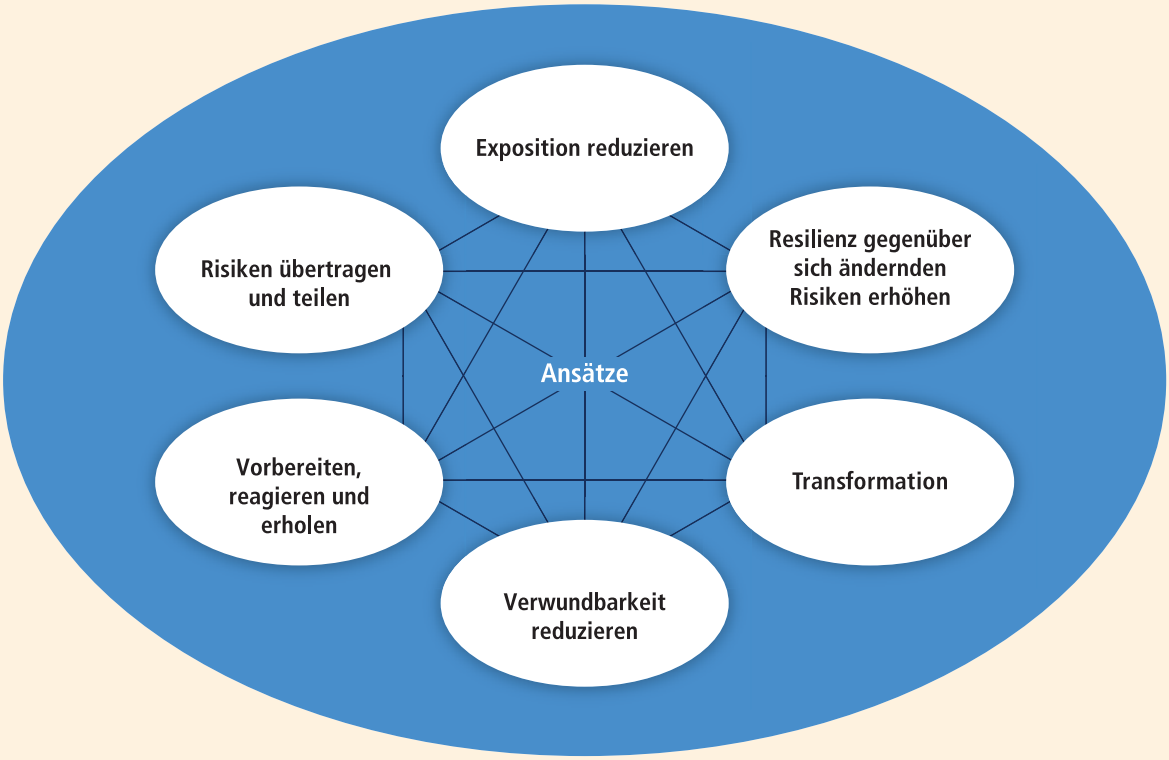


Abbildung SPM.2 | Ansätze zur Anpassung und zum Management von Katastrophenrisiko zur Verringerung und zum Management von Risiko in einem sich wandelnden Klima. Dieser Bericht bewertet eine große Bandbreite sich ergänzender Konzepte zur Anpassung und zum Management von Katastrophenrisiko, mit denen die Risiken von Klimaextremen und Katastrophen verringert werden kann und die Resilienz gegenüber sich im Laufe der Zeit ändernden Restrisiken erhöht werden kann. Diese Konzepte können sich überschneiden und gleichzeitig verfolgt werden. [6.5, Abbildung 6-3, 8.6]

Dieser Bericht integriert die Sichtweisen von verschiedenen, historisch getrennten Forschungsgemeinschaften, deren Untersuchungsgegenstand die Klimawissenschaft, die Klimafolgen, die Anpassung an den Klimawandel und das Management von Katastrophenrisiko sind. Jede dieser Gemeinschaften bringt unterschiedliche Standpunkte, Terminologien, Ansätze und Ziele ein, und alle liefern bedeutende Erkenntnisse zum Sachstand der Wissensbasis und zu deren Lücken. Viele der wichtigsten Bewertungsbefunde ergeben sich aus den Schnittstellen zwischen diesen Gemeinschaften. Diese Schnittstellen sind auch in Tabelle SPM.1 dargestellt. Um ein genaues Bild vom Gewissheitsgrad der wichtigsten Befunde zu vermitteln, stützt sich der Bericht auf die konsistente Verwendung einer genau definierten Unsicherheitsterminologie, die in Box SPM.2 vorgestellt wird. Die Grundlagen für wesentliche Abschnitte dieser Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger sind in den in eckigen Klammern genannten Kapitelabschnitten zu finden.

Exposition und Verwundbarkeit sind entscheidende Bestimmungsfaktoren von Katastrophenrisiko und der Folgen für den Fall des Katastropheneintritts. [1.1.2, 1.2.3, 1.3, 2.2.1, 2.3, 2.5] So kann z. B. ein tropischer Wirbelsturm je nachdem, wo und wann er auf Land trifft, sehr unterschiedliche Folgen haben. [2.5.1, 3.1, 4.4.6] Ähnlich kann eine Hitzewelle für verschiedene Bevölkerungsgruppen je nach deren Verwundbarkeit ganz unterschiedliche Folgen haben. [Box 4-4, 9.2.1] Einzelne extreme Wetter- oder Klimaereignisse können extreme Folgen auf ökologische, physikalische oder Systeme des Menschen haben. Ebenso können extreme Folgen aus nicht extremen Ereignissen resultieren, wenn Exposition und Verwundbarkeit hoch sind [2.2.1, 2.3, 2.5], oder wenn mehrere Ereignisse oder deren Folgen zusammen treffen. [1.1.2, 1.2.3, 3.1.3] Beispielsweise kann Dürre in Verbindung mit extremer Hitze und geringer Feuchtigkeit das Risiko von Flächenbränden erhöhen. [Box 4-1, 9.2.2]

Extreme und nicht extreme Wetter- oder Klimaereignisse beeinflussen die Verwundbarkeit gegenüber künftigen extremen Ereignissen durch Änderung der Resilienz, Bewältigungs- und Anpassungsfähigkeit. [2.4.3] Insbesondere können die kumulativen Folgen von Katastrophen auf lokaler oder subnationaler Ebene die Erwerbsmöglichkeiten und Ressourcen sowie die Fähigkeit von Gesellschaften und Gemeinschaften, sich auf künftige Katastrophen vorzubereiten und auf diese zu reagieren, erheblich beeinflussen. [2.2, 2.7]

Ein sich wandelndes Klima führt zu Veränderungen der Häufigkeit, Intensität, räumlichen Ausdehnung, der Dauer sowie dem zeitlichen Auftreten extremer Wetter- und Klimaereignisse und kann noch nie vorgekommene extreme Wetter- und Klimaereignisse zur Folge haben. Änderungen in Extremen können mit Veränderungen des Mittelwertes, der Varianz und/oder der Form von Wahrscheinlichkeitsverteilungen einhergehen (Abbildung SPM.3). Manche Klimaextreme (z. B. Dürren) können auch das Ergebnis einer Anhäufung von Wetter- oder Klimaereignissen sein, die für sich allein genommen nicht extrem sind. Viele extreme Wetter- und Klimaereignisse sind nach wie vor das Ergebnis natürlicher Klimaschwankungen. Die natürliche Variabilität wird zusätzlich zur Wirkung anthropogener Klimaänderungen ein bedeutender Faktor für die Ausprägung künftiger Extreme sein. [3.1]

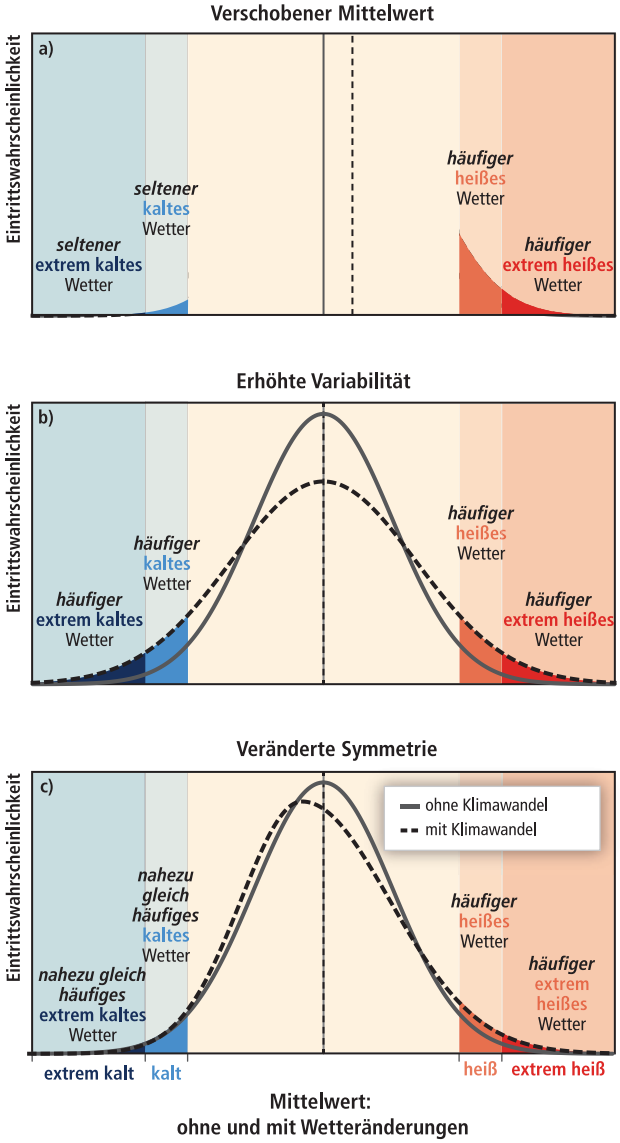


Abbildung SPM.3 | Die Auswirkung von Veränderungen der Temperaturverteilung auf Extreme. Unterschiedliche Veränderungen bei den Temperaturverteilungen zwischen dem jetzigen und dem künftigen Klima und deren Auswirkungen auf Extremwerte der Verteilungen: (a) Auswirkungen einer einfachen Verschiebung der gesamten Verteilung in Richtung eines wärmeren Klimas; (b) Auswirkungen einer Erhöhung der Temperaturvariabilität ohne Verschiebung des Mittelwerts; (c) Auswirkungen einer veränderten Form der Verteilung, in diesem Beispiel eine Veränderung der Asymmetrie in Richtung des heißeren Teils der Verteilung. [Abbildung 1-2, 1.2.2]

B. Beobachtete Exposition, Verwundbarkeit, Klimaextreme, Folgen und Katastrophenschäden

Die Folgen von Klimaextremen und das Potenzial für Katastrophen ergeben sich aus den Klimaextremen selbst sowie aus der Exposition und Verwundbarkeit natürlicher Systeme und solcher des Menschen. Die beobachteten Änderungen bei Klimaextremen spiegeln den Einfluss des anthropogenen Klimawandels zusätzlich zur natürlichen Klimavariabilität wider, wobei Änderungen bei der Exposition und Verwundbarkeit sowohl durch klimatische als auch nichtklimatische Faktoren beeinflusst werden.

Exposition und Verwundbarkeit

Exposition und Verwundbarkeit sind dynamisch, schwanken je nach zeitlichen und räumlichen Maßstäben, und hängen von wirtschaftlichen, sozialen, geographischen, demographischen, kulturellen, institutionellen und ökologischen Faktoren sowie von der jeweiligen politischen Steuerung und Koordination ab (*hohes Vertrauen*). [2.2, 2.3, 2.5] Einzelpersonen und Gemeinschaften sind aufgrund von Ungleichheiten bei Wohlstand und

Bildung, Behinderungsgrad und Gesundheitszustand sowie Geschlecht, Alter, Gesellschaftsschicht und anderen sozialen und kulturellen Merkmalen in unterschiedlichem Maße exponiert und verwundbar. [2.5]

Siedlungsmuster, Urbanisierung und Änderungen von sozioökonomischen Verhältnissen haben alle die beobachteten Trends der Exposition und Verwundbarkeit gegenüber Klimaextremen beeinflusst (*hohes Vertrauen*). [4.2, 4.3.5] Beispielsweise sind Küstensiedlungen, auch auf kleinen Inseln und in Megadeltas, sowie Gebirgssiedlungen sowohl in Industrie- als auch in Entwicklungsländern gegenüber Klimaextremen exponiert und diesbezüglich verwundbar, jedoch je nach Region und Land in unterschiedlichem Maße. [4.3.5, 4.4.3, 4.4.6, 4.4.9, 4.4.10] Die rasche Urbanisierung und das Wachstum von Megastädten, insbesondere in Entwicklungsländern, haben zur Entstehung hochgradig verwundbarer Stadtgesellschaften geführt, insbesondere durch informelle Siedlungen und ein unangemessenes Landmanagement (*hohe Übereinstimmung, belastbare Belege**). [5.5.1] Siehe auch Fallstudien 9.2.8 und 9.2.9. Zu verwundbaren Bevölkerungsgruppen zählen auch Flüchtlinge, im Inland umgesiedelte Personen und Bewohner von Randgebieten. [4.2, 4.3.5]

Klimaextreme und Folgen

Aufgrund von seit 1950 gesammelten Beobachtungen liegen Belege für Änderungen mancher Extreme vor. Das Vertrauen in beobachtete Änderungen bei Extremen hängt von der Qualität und Quantität der Daten sowie der Verfügbarkeit von Studien, die diese Daten analysieren, ab. Diese variieren je nach Region und je nach Art der Extremereignisse. Die Zuordnung von „geringem Vertrauen" hinsichtlich beobachteter Änderungen bei einem bestimmten Extrem auf regionalem oder globalem Maßstab sagt weder aus, dass Änderungen angenommen, noch, dass sie ausgeschlossen werden. Extreme Ereignisse sind selten, was bedeutet, dass für die Bewertungen von Veränderungen in deren Häufigkeit oder Intensität nur wenige Daten vorliegen. Je seltener das Ereignis ist, desto schwieriger ist es, langfristige Veränderungen zu erkennen. Je nach geographischer Einheitlichkeit der Trends bei dem jeweiligen Extrem können Trends auf globalem Maßstab bei einem bestimmten Extrem von höherer Zuverlässigkeit (z. B. bei Temperaturextremen) oder geringerer Zuverlässigkeit (z. B. bei Dürren) sein als manche Trends auf regionalem Maßstab. In den nachstehenden Abschnitten wird auf bestimmte Klimaextreme aufgrund von Beobachtungen seit 1950 näher eingegangen. [3.1.5, 3.1.6, 3.2.1]

Es ist *sehr wahrscheinlich*, dass es auf globalem Maßstab, d. h. bei den meisten Landflächen mit ausreichenden Daten, bei der Anzahl kalter Tage und Nächte[3] insgesamt zu einem Rückgang und bei der Anzahl warmer Tage und Nächte[3] insgesamt zu einem Anstieg gekommen ist. Es ist *wahrscheinlich*, dass diese Änderungen auch auf kontinentalem Maßstab in Nordamerika, Europa und Australien eingetreten sind. Es besteht *mittleres Vertrauen* in einen Erwärmungstrend bei täglichen Temperaturextremen in einem Großteil Asiens. Das Vertrauen in beobachtete Trends bei täglichen Temperaturextremen in Afrika und Südamerika variiert je nach Region meist zwischen *gering* und *mittel*. In vielen (jedoch nicht allen) Regionen der Erde mit ausreichenden Daten besteht *mittleres Vertrauen* hinsichtlich einer Zunahme der Länge oder Anzahl von warmen Perioden oder Hitzewellen.[3] [3.3.1, Tabelle 3-2]

In einigen Regionen liegen für die Anzahl von Starkniederschlagsereignissen statistisch signifikante Trends vor. Es ist *wahrscheinlich*, dass die Zahl dieser Regionen, in denen eine Zunahme zu verzeichnen ist, höher ist als die Zahl der Regionen mit einer Abnahme, auch wenn bei diesen Trends starke regionale und subregionale Schwankungen vorliegen. [3.3.2]

Es besteht *geringes Vertrauen* in jegliche beobachtete langfristige (d. h. sich über 40 Jahre oder mehr erstreckende) Zunahme der Aktivität (d. h. Intensität, Häufigkeit, Dauer) von tropischen Wirbelstürmen, wenn man die im Laufe der Zeit eingetretenen Veränderungen der Beobachtungsfähigkeiten berücksichtigt. Es ist *wahrscheinlich*, dass es bei den Zugbahnen außertropischer Stürme in der Nord- und Südhemisphäre zu einer Verlagerung in Richtung der Pole gekommen ist. Wegen Inhomogenitäten der Daten und Unzulänglichkeiten bei Überwachungssystemen besteht bei kleinräumigen Phänomenen wie Tornados und Hagel *geringes Vertrauen* hinsichtlich beobachteter Trends. [3.3.2, 3.3.3, 3.4.4, 3.4.5]

* Anmerkung des Übersetzers: In dieser Übersetzung wird der weitgefasste englische Ausdruck „evidence" mit dem Ausdruck „Belege" wiedergegeben, wobei damit die Summe der vorhandenen Informationen gemeint ist, die je nach Einzelfall einfache Indizien/Hinweise bis zu weitgehend gesicherten Informationen umfassen kann.

[3] Zur Definition der Begriffe: kalte Tage/kalte Nächte, warme Tage/warme Nächte und warme Periode – Hitzewelle: siehe SREX-Glossar.

Es besteht *mittleres Vertrauen*, dass in einigen Regionen der Welt intensivere und längere Dürren zu verzeichnen sind, insbesondere in Südeuropa und Westafrika, in manchen Regionen sind Dürren jedoch weniger häufig, weniger intensiv oder kürzer geworden, beispielsweise in Zentral-Nordamerika und im nordwestlichen Australien. [3.5.1]

Es liegen *begrenzte* bis *mittelstarke Belege* vor, um beobachtete klimaabhängige Änderungen bei der Größenordnung und Häufigkeit von Überschwemmungen auf regionalem Maßstab abzuschätzen, da die verfügbaren instrumentellen Messungen von Überschwemmungen durch Pegelstationen räumlich und zeitlich beschränkt sind sowie Veränderungen der Flächennutzung und Flächenbewirtschaftungstechnik verzerrende Wirkungen ausüben. Darüber hinaus besteht eine *geringe Übereinstimmung* hinsichtlich dieser Belege und damit auf globalem Maßstab insgesamt *geringes Vertrauen* selbst in Bezug auf das Vorzeichen der Veränderungen. [3.5.2]

Es ist *wahrscheinlich*, dass es im Zusammenhang mit dem Anstieg des mittleren Meeresspiegels zu einer Zunahme von extremem Küstenhochwasser gekommen ist. [3.5.3]

Es liegen Belege vor, dass sich einige Extreme infolge von anthropogenen Einflüssen geändert haben, darunter auch durch Erhöhungen der atmosphärischen Konzentrationen von Treibhausgasen. Es ist *wahrscheinlich*, dass anthropogene Einflüsse zu höheren Werten extremer Tagesmindest- und Tageshöchsttemperaturen auf globalem Maßstab geführt haben. Es besteht *mittleres Vertrauen*, dass anthropogene Einflüsse zu einer Intensivierung von Starkniederschlägen auf globalem Maßstab beigetragen haben. Es ist *wahrscheinlich*, dass ein anthropogener Einfluss auf den Anstieg von extremem Küstenhochwasser infolge einer Erhöhung des mittleren Meeresspiegels vorliegt. Es besteht nur *geringes Vertrauen* in die Zuordnung jeglicher feststellbarer Änderungen der Aktivität tropischer Wirbelstürme zu anthropogenen Einflüssen. Grund dafür sind Unsicherheiten bei den historischen Aufzeichnungen tropischer Wirbelstürme, das unvollständige Verständnis der physikalischen Mechanismen, welche die Metrik tropischer Wirbelstürme mit dem Klimawandel verknüpfen, sowie der Grad der Variabilität tropischer Wirbelstürme. Das Zurückführen einzelner extremer Ereignisse auf anthropogenen Klimawandel ist schwierig. [3.2.2, 3.3.1, 3.3.2, 3.4.4, 3.5.3, Tabelle 3-1]

Katastrophenbedingte Schäden

Wirtschaftliche Schäden aufgrund wetter- und klimabedingter Katastrophen haben zugenommen, jedoch mit großer räumlicher und jährlicher Variabilität (*hohes Vertrauen* aufgrund von *hoher Übereinstimmung* und *mittelstarken Belegen*). In den letzten Jahrzehnten gemeldete Schäden infolge globaler wetter- und klimabedingter Katastrophen spiegeln hauptsächlich finanziell bezifferbare direkte Schäden an Sachvermögen wider und sind ungleich verteilt. Schätzungen jährlicher Schäden schwanken seit 1980 zwischen einigen wenigen Milliarden US-Dollar und mehr als 200 Milliarden Dollar (in Kaufkraftäquivalenten von 2010), wobei der höchste Wert für 2005 (das Jahr mit dem Hurrikan Katrina) vorliegt. Die Schadensschätzungen liegen an der unteren Grenze, da zahlreiche Folgen wie der Verlust von Menschenleben, Kulturerbe und Ökosystemdienstleistungen schwierig zu bewerten und finanziell zu beziffern sind und daher nur ungenügend in Schadensschätzungen widergespiegelt werden. Die Folgen für die informelle oder nicht dokumentierte Wirtschaft sowie indirekte wirtschaftliche Auswirkungen können in manchen Gebieten und Sektoren sehr bedeutend sein, werden jedoch in gemeldeten Schadensschätzungen generell nicht berücksichtigt. [4.5.1, 4.5.3, 4.5.4]

Wirtschaftliche Schäden, einschließlich Versicherungsschäden, aufgrund von Katastrophen im Zusammenhang mit Wetter-, Klima- und geophysikalischen Ereignissen[4] sind in Industrieländern höher. Demgegenüber sind in Entwicklungsländern die Sterblichkeitsraten und die anteilig am Bruttoinlandsprodukt (BIP) ausgedrückten wirtschaftlichen Schäden höher (*hohes Vertrauen*). Im Zeitraum von 1970 bis 2008 waren über 95 % der auf Naturkatastrophen zurückzuführenden Todesfälle in Entwicklungsländern zu verzeichnen. Länder mit mittleren Einkommen und rasch zunehmenden Vermögen sind am stärksten belastet. Auf der Basis *begrenzter Belege* beliefen sich im Zeitraum von 2001 bis 2006 die Schäden in Ländern mit mittlerem Einkommen auf etwa 1 % des BIP, während diese Quote in Ländern mit niedrigem Einkommen etwa 0,3 % des BIP und in Ländern mit hohem Einkommen weniger als 0,1 % betrug. In kleinen exponierten Ländern, insbesondere den kleinen Inselentwicklungsländern, sind die Schäden als Prozentsatz vom BIP beson-

[4] Die in diesem Absatz genannten wirtschaftlichen Schäden und Todesfälle beziehen sich auf alle Katastrophen im Zusammenhang mit Wetter-, Klima- und geophysikalischen Ereignissen.

ders hoch, wobei die im Zeitraum von 1970 bis 2010 über sowohl Katastrophen- als auch Nicht-Katastrophenjahre gemittelten Werte in vielen Fällen über 1 % und in den extremsten Fällen über 8 % lagen. [4.5.2, 4.5.4]

Zunehmende Exposition von Menschen und Vermögenswerten ist der Hauptgrund für die langfristige Zunahme wirtschaftlicher Schäden infolge von wetter- und klimabedingten Katastrophen (*hohes Vertrauen*). Langfristige Trends bei katastrophenbedingten wirtschaftlichen Schäden, bereinigt von Wohlstands- und Bevölkerungswachstum, wurden dem Klimawandel bisher nicht zugeschrieben, ein gewisser Einfluss des Klimawandels ist jedoch auch nicht ausgeschlossen worden (*hohe Übereinstimmung, mittelstarke Belege*). Diese Schlussfolgerungen stehen bisher unter dem Vorbehalt einer Reihe von Einschränkungen in den betreffenden Studien. So stellt die Verwundbarkeit bei Katastrophenschäden einen zentralen Faktor dar, der jedoch unzureichend berücksichtigt worden ist. Weitere Einschränkungen sind: (i) die Datenverfügbarkeit, da die meisten Daten für Standard-Wirtschaftssektoren in Industrieländern vorliegen, und (ii) die untersuchten Gefahrenarten, da sich die meisten Studien auf Wirbelstürme konzentrieren, wobei das *Vertrauen* in beobachtete Trends und in das Zurückführen von Veränderungen auf Einflüsse des Menschen *gering* ist. Die zweite Schlussfolgerung unterliegt weiteren Einschränkungen, und zwar (iii) den zur Bereinigung von Schadensdaten im zeitlichen Verlauf angewandten Verfahren und (iv) der Aufzeichnungslänge. [4.5.3]

C. Management von Katastrophenrisiko und Anpassung an den Klimawandel: Erfahrungen mit Klimaextremen in der Vergangenheit

Erfahrungen mit Klimaextremen in der Vergangenheit tragen zum Verständnis von effektivem Katastrophenrisikomanagement und von Anpassungskonzepten zum Risikomanagement bei.

Die Schwere der Folgen von Klimaextremen hängt stark vom Maß der Exposition und Verwundbarkeit gegenüber diesen Extremen ab (*hohes Vertrauen*). [2.1.1, 2.3, 2.5]

Trends in Exposition und Verwundbarkeit stellen wichtige Treiber für Veränderungen beim Katastrophenrisiko dar (*hohes Vertrauen*). [2.5] Das Verständnis der vielschichtigen Natur sowohl von Exposition als auch Verwundbarkeit ist eine Voraussetzung für die Beantwortung der Frage, wie Wetter- und Klimaereignisse zum Auftreten von Katastrophen beitragen, sowie für die Konzeption und Umsetzung effektiver Strategien zur Anpassung und zum Management von Katastrophenrisiko. [2.2, 2.6] Die Reduzierung von Verwundbarkeit bildet ein gemeinsames Kernelement der Anpassung und des Managements von Katastrophenrisiko. [2.2, 2.3]

Entwicklungspraxis, -verfahren und -ergebnisse sind für die Ausprägung des Katastrophenrisikos entscheidend, das durch Entwicklungsdefizite möglicherweise erhöht wird (*hohes Vertrauen*). [1.1.2, 1.1.3] Eine hohe Exposition und Verwundbarkeit sind im Allgemeinen das Ergebnis verzerrter Entwicklungsprozesse, beispielsweise solche im Zusammenhang mit Umweltschäden, einer raschen und ungeplanten Urbanisierung in Gefahrengebieten, Defiziten in der politischen Steuerung und Koordination sowie unzureichenden Erwerbsmöglichkeiten für einkommensschwache Bevölkerungsgruppen. [2.2.2, 2.5] Die Zunahme der globalen Vernetzung und die gegenseitige Abhängigkeit ökonomischer und ökologischer Systeme können gelegentlich gegenläufige Auswirkungen haben, bei denen Verwundbarkeit und Katastrophenrisiko entweder vermindert oder ausgeweitet werden. [7.2.1] Länder gehen mit Katastrophenrisiko dann wirkungsvoller um, wenn sie Überlegungen zum Katastrophenrisiko in nationale Entwicklungs- und Sektorenpläne einbeziehen und wenn sie Strategien zur Anpassung an den Klimawandel verabschieden und diese Pläne und Strategien in Maßnahmen umsetzen, die auf verwundbare Bereiche und Gruppen ausgerichtet sind. [6.2, 6.5.2]

Daten zu Katastrophen und zur Minderung des Katastrophenrisikos fehlen auf lokaler Ebene, wodurch Verbesserungen bei der Reduzierung der lokalen Verwundbarkeit an Grenzen stoßen können (*hohe Übereinstimmung, mittelstarke Belege*). [5.7] Es gibt wenige Beispiele für nationale Systeme zum Management von Katastrophenrisiko und zugehörige Risikomanagementmaßnahmen, bei denen Kenntnisse und Unsicherheiten in Bezug auf projizierte Änderungen der Exposition, Verwundbarkeit und Klimaextremen ausdrücklich berücksichtigt werden. [6.6.2, 6.6.4]

Ungleichheiten beeinflussen die örtliche Bewältigungs- und Anpassungsfähigkeit, und stellen auf lokaler bis nationaler Ebene Herausforderungen an das Management von Katastrophenrisiko und die Anpassung (*hohe Übereinstimmung, belastbare Belege*). Diese Ungleichheiten sind Ausdruck von sozioökonomischen, demographischen und gesundheitsbezogenen Unterschieden sowie von Unterschieden hinsichtlich der politischen Steuerung und Koordination, dem Zugang zu Erwerbsmöglichkeiten, von Ansprüchen und anderen Faktoren. [5.5.1, 6.2] Ungleichheiten existieren auch zwischen Ländern: Industrieländer sind häufig finanziell und institutionell besser ausgestattet als Entwicklungsländer, um explizite Maßnahmen für eine wirkungsvolle Reaktion auf und Anpassung an projizierte Änderungen der Exposition, Verwundbarkeit und von Klimaextremen zu beschließen. Dessen ungeachtet sehen sich alle Länder bei der Bewertung, dem Verständnis und der Bewältigung derartiger projizierter Änderungen Herausforderungen gegenüber. [6.3.2, 6.6]

Humanitäre Hilfe ist häufig erforderlich, wenn Maßnahmen zur Minderung des Katastrophenrisikos fehlen oder unzureichend sind (*hohe Übereinstimmung, belastbare Belege*). [5.2.1] Kleinere oder wirtschaftlich weniger diversifizierte Länder sehen sich bei der Bereitstellung der mit dem Management von Katastrophenrisiko zusammenhängenden öffentlichen Güter, bei der Verkraftung der durch Klimaextreme und Katastrophen verursachten Schäden und bei der Leistung von Katastrophen- und Wiederaufbauhilfe besonderen Herausforderungen gegenüber. [6.4.3]

Die Erholung und der Wiederaufbau nach einer Katastrophe bieten die Gelegenheit, das wetter- und klimabezogene Katastrophenrisiko zu verringern und die Anpassungsfähigkeit zu verbessern (*hohe Übereinstimmung, belastbare Belege*). Werden die Prioritäten auf die Schnelligkeit der Wiedererrichtung von Gebäuden, des Wiederaufbaus von Infrastruktur und der Wiederherstellung von Erwerbsmöglichkeiten gesetzt, so führt dies häufig dazu, dass die Erholung auf eine Weise vonstatten geht, bei der vorhandene Verwundbarkeiten erneut entstehen oder sogar verstärkt werden und längerfristige Planungs- und Politikänderungen für eine Steigerung der Resilienz und nachhaltigen Entwicklung ausgeschlossen bleiben. [5.2.3] Siehe auch die Bewertung in den Abschnitten 8.4.1 und 8.5.2.

Mechanismen zur Verteilung und Übertragung von Risiken auf lokalem, nationalem, regionalem und globalem Maßstab können die Resilienz gegenüber Klimaextremen erhöhen (*mittleres Vertrauen*). Zu diesen Mechanismen gehören informelle und traditionelle Risikoverteilungsmechanismen, Mikroversicherungen, Versicherungen, Rückversicherungen sowie nationale, regionale und globale Risikogemeinschaften. [5.6.3, 6.4.3, 6.5.3, 7.4] Diese Mechanismen sind mit der Katastrophenrisikominderung und der Anpassung an den Klimawandel dadurch verknüpft, dass sie Mittel für finanzielle Hilfen, die Wiederherstellung von Erwerbsmöglichkeiten und den Wiederaufbau bereitstellen, die Verwundbarkeit reduzieren sowie Kenntnisse und Anreize zur Risikominderung zur Verfügung stellen. [5.5.2, 6.2.2] Unter bestimmten Umständen können derartige Mechanismen jedoch negative Anreize darstellen, die der Minderung des Katastrophenrisikos entgegenwirken. [5.6.3, 6.5.3, 7.4.4] Die Etablierung formeller Mechanismen zur Verteilung und Übertragung von Risiken sind je nach Region und Gefahr ungleichmäßig verbreitet. [6.5.3] Siehe auch Fallstudie 9.2.13.

Es ist besonders wichtig, die zeitliche und räumliche Dynamik von Exposition und Verwundbarkeit zu beachten, da die Konzeption und Umsetzung von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung und zum Katastrophenrisikomanagement das Risiko kurzfristig mindern können, die Exposition und Verwundbarkeit jedoch längerfristig möglicherweise erhöhen (*hohe Übereinstimmung, mittelstarke Belege*). Beispielsweise können Deichsysteme die Exposition durch Hochwasser reduzieren, indem sie einen Sofortschutz bieten, andererseits aber auch eine Besiedlung fördern, die das Risiko langfristig möglicherweise erhöht. [2.4.2, 2.5.4, 2.6.2] Siehe auch die Bewertung in den Abschnitten 1.4.3, 5.3.2 und 8.3.1.

Nationale Systeme sind essentiell für die Fähigkeit von Staaten, den Herausforderungen beobachteter und projizierter Trends von Exposition und Verwundbarkeit sowie Wetter- und Klimaextremen zu begegnen (*hohe Übereinstimmung, belastbare Belege*). Wirkungsvolle nationale Systeme umfassen vielfältige Akteure aus nationalen und subnationalen Behörden, dem Privatsektor, aus Forschungsstellen und aus der Zivilgesellschaft einschließlich gemeindebasierter Organisationen, die je nach ihren übernommenen Aufgaben und Fähigkeiten unterschiedliche, aber einander ergänzende Rollen zur Steuerung des Risikos spielen. [6.2]

Eine engere Verzahnung von Katastrophenrisikomanagement und Anpassung an den Klimawandel könnte zusammen mit der Eingliederung von beidem in lokale, subnationale, nationale und internationale Entwicklungsmaß-

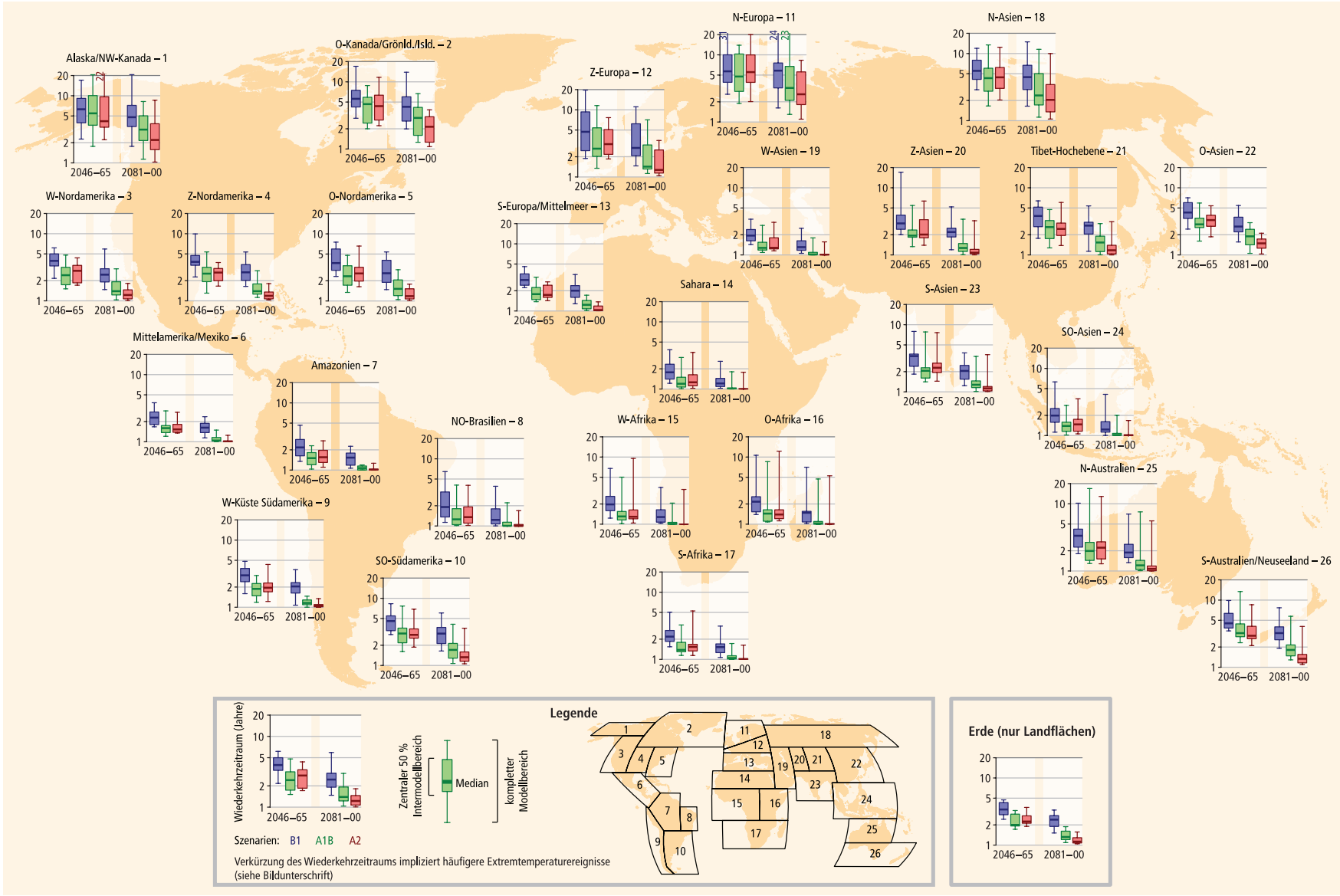


Abbildung SPM.4A | Projizierte Wiederkehrzeiten der Tageshöchsttemperatur, die während eines 20-Jahres-Zeitraums im späten 20. Jahrhundert (1981–2000) durchschnittlich einmal überschritten wurde. Eine Verkürzung der Wiederkehrzeit impliziert häufigere Extremtemperaturereignisse (d. h. durchschnittlich kürzere Zeiten zwischen den Ereignissen). Die Boxplots zeigen Ergebnisse für regional gemittelte Projektionen für die beiden Zeithorizonte 2046 bis 2065 und 2081 bis 2100 im Vergleich zum späten 20. Jahrhundert sowie für drei verschiedene SRES-Emissionsszenarien (B1, A1B, A2) (siehe Legende). Die Ergebnisse beruhen auf 12 globalen Klimamodellen (GCM), die zur dritten Phase des Coupled Model Intercomparison Project (CMIP3) beigetragen haben. Die Größe der farbigen Kästchen (in denen 50 % der Modellprojektionen enthalten sind) und der Länge der „Whisker" (Antennen, welche die Höchst- und Mindestprojektionen aus allen Modellen darstellen) zeigen den Grad an Übereinstimmung zwischen den Modellen. Siehe Legende bezüglich der festgelegten Grenzen von Regionen. Die Werte sind nur für Punkte an Land berechnet. Der Kasten „Erde" zeigt die anhand aller Landgitterpunkte berechneten Werte. [3.3.1, Abbildung 3-1, Abbildung 3-5]

nahmen und -praktiken auf allen Ebenen für Vorteile sorgen (*hohe Übereinstimmung, mittelstarke Belege*). [5.4, 5.5, 5.6, 6.3.1, 6.3.2, 6.4.2, 6.6, 7.4] Handelt man kurzfristig bezüglich sozialen Wohlergehens, Lebensqualität, Infrastruktur und Erwerbsmöglichkeiten und bezieht ein auf zahlreiche Gefahren ausgerichtetes Konzept in die Planungen und Maßnahmen für Katastrophen ein, erleichtert dies längerfristig die Anpassung an Klimaextreme, wie international zunehmend anerkannt wird. [5.4, 5.5, 5.6, 7.3] Strategien und Maßnahmen sind wirksamer, wenn sie vielfältige Belastungsfaktoren, unterschiedliche priorisierte Werte und konkurrierende Politikziele berücksichtigen. [8.2, 8.3, 8.7]

D. Künftige Klimaextreme, Folgen und Katastrophenschäden

Künftig auftretende Änderungen von Exposition, Verwundbarkeit und Klimaextremen, die aus der natürlichen Klimavariabilität, dem anthropogenen Klimawandel und der sozioökonomischen Entwicklung resultieren, können die Folgen von Klimaextremen auf natürliche Systeme und solche des Menschen sowie das Katastrophenpotenzial verändern.

Klimaextreme und Folgen

Das Vertrauen in projizierte Änderungen hinsichtlich Richtung und Größenordnung von Klimaextremen hängt von vielen Faktoren ab, darunter der Art des Extrems, der Region und Jahreszeit, der Menge und Qualität von Beobachtungsdaten, dem Grad an Verständnis der zu Grunde liegenden Prozesse und der Zuverlässigkeit von deren Simulation in Modellen. Projizierte Veränderungen von Klimaextremen unter verschiedenen Emissionsszenarien[5] weichen in den kommenden zwei bis drei Jahrzehnten im Allgemeinen nicht stark voneinander ab, diese Signale sind jedoch im Vergleich zur natürlichen Klimavariabilität in diesem Zeitrahmen relativ klein. Selbst das Vorzeichen projizierter Änderungen ist bei manchen Klimaextremen in diesem Zeitrahmen unsicher. Bei bis Ende des 21. Jahrhunderts projizierten Änderungen werden je nach Extrem entweder die Modellunsicherheit oder die Unsicherheiten bezüglich verwendeter Emissionsszenarien vorherrschen. Veränderungen von geringer Wahrscheinlichkeit und mit starken Folgen im Zusammenhang mit einer Überschreitung kaum verstandener Klimaschwellenwerte können angesichts der schwankenden und komplexen Natur des Klimasystems nicht ausgeschlossen werden. Durch die Zuschreibung von „geringem Vertrauen" für Projektionen eines bestimmten Extrems wird die Möglichkeit von Änderungen dieses Extrems weder unterstellt noch ausgeschlossen. Die nachstehenden Bewertungen der Wahrscheinlichkeit von und/oder des Vertrauens in Projektionen gelten generell für das Ende des 21. Jahrhunderts relativ zum Klima Ende des 20. Jahrhunderts. [3.1.5, 3.1.7, 3.2.3, Box 3-2]

Modelle projizieren erheblich höhere Temperaturextreme bis Ende des 21. Jahrhunderts. Es ist *praktisch sicher*, dass im 21. Jahrhundert eine Zunahme der Häufigkeit und Größenordnung warmer täglicher Temperaturextreme auf globalem Maßstab bzw. bei kalten Extremen eine Abnahme auftreten wird. Es ist *sehr wahrscheinlich*, dass die Dauer, Häufigkeit und/oder Intensität von warmen Perioden oder Hitzewellen über den meisten Landflächen zunehmen wird. Auf Grundlage der Emissionsszenarien A1B und A2 wird ein Hitzeereignis mit einer Wiederkehrzeit von 20 Jahren bis zum Ende des 21. Jahrhunderts in den meisten Regionen *wahrscheinlich* zu einem 2-jährigen Hitzeereignis. Ausgenommen sind die hohen Breiten auf der Nordhalbkugel, wo es *wahrscheinlich* zu einem 5-jährigen Hitzeereignis wird (siehe Abbildung SPM.4A). Nach dem Szenario B1 würde ein 20-jähriges Hitzeereignis *wahrscheinlich* zu einem Hitzeereignis mit einer Wiederkehrzeit von 5 Jahren (und zu einem 10-jährigen Hitzeereignis in hohen Breiten auf der Nordhalbkugel). Der Extremwert der Tageshöchsttemperatur mit einer Wiederkehrzeit von 20 Jahren (d. h. ein Wert, der im Zeitraum 1981–2000 im Durchschnitt nur einmal überschritten wurde) wird je nach Region und Emissionsszenario (basierend auf den B1-, A1B- und A2-Szenarien) bis Mitte des 21. Jahrhunderts *wahrscheinlich* um rund 1 °C bis 3 °C und bis Ende des 21. Jahrhunderts um rund 2 °C bis 5 °C ansteigen. [3.3.1, 3.1.6, Tabelle 3-3, Abbildung 3-5]

Es ist *wahrscheinlich*, dass die Häufigkeit von Starkniederschlägen oder der Anteil von Starkniederschlägen an der Gesamtniederschlagsmenge im 21. Jahrhundert in vielen Gebieten der Erde zunehmen wird. Dies gilt insbesondere in hohen Breiten und tropischen Regionen sowie im Winter in den nördlichen mittleren Breiten. Mit tropischen

[5] Emissionsszenarien für Stoffe mit wesentlichem Strahlungsantrieb ergeben sich aus sozioökonomischen und technologischen Entwicklungspfaden. In dem vorliegenden Bericht wird eine Teilmenge (B1, A1B, A2) der 40 Szenarien bis zum Jahr 2100 verwendet, die im Sonderbericht des IPCC über Emissionsszenarien (Special Report on Emissions Scenarios, SRES) beschrieben sind und die keine zusätzlichen Klimainitiativen enthielten. Diese Szenarien finden bei Projektionen zum Klimawandel breite Verwendung und umfassen eine erhebliche Bandbreite an Konzentrationen von Kohlendioxidäquivalenten, jedoch nicht die gesamte Bandbreite der SRES-Szenarien.

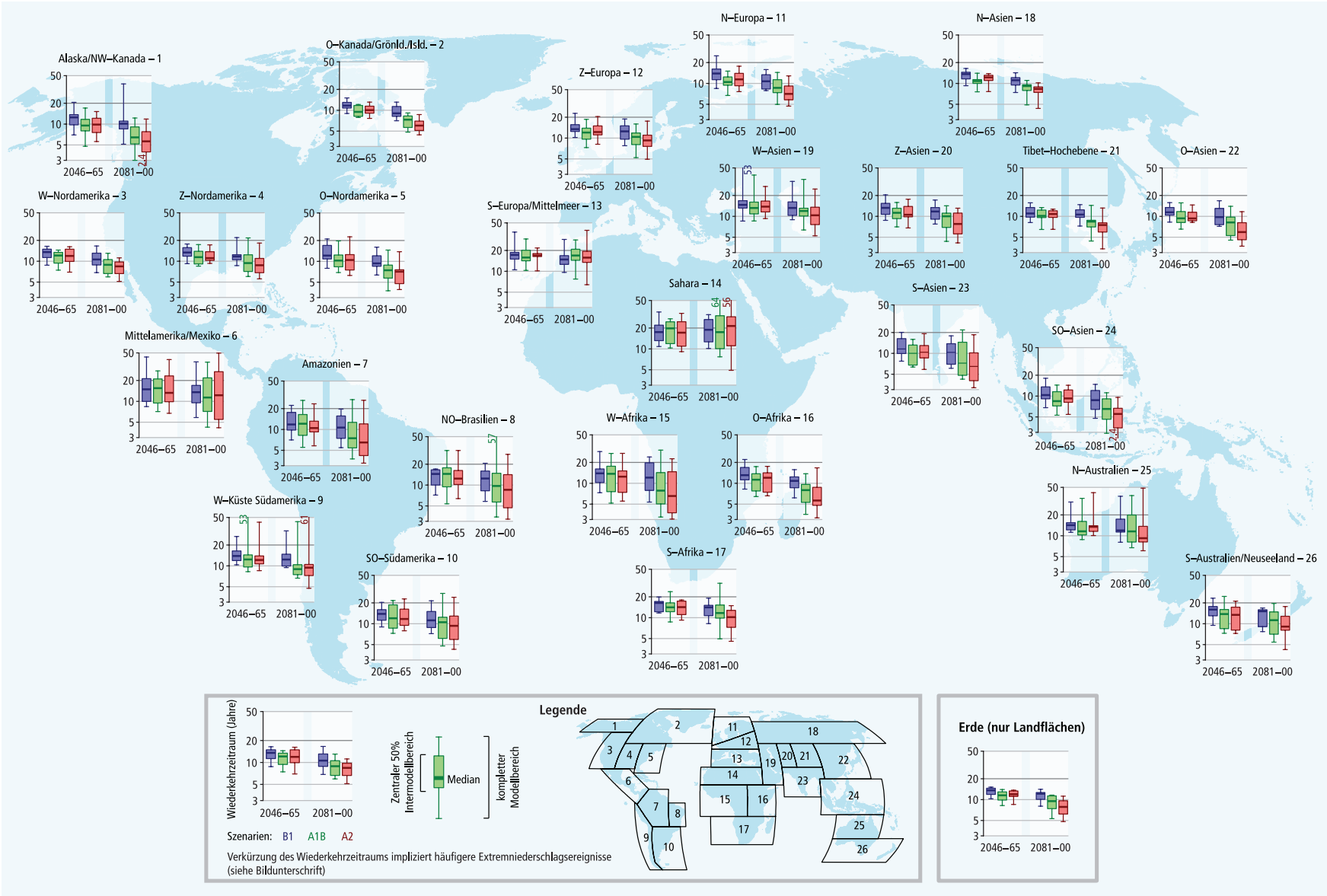


Abbildung SPM.4B | Projizierte Wiederkehrzeiten eines Tagesniederschlagsereignisses, das während eines 20-Jahres-Zeitraums im späten 20. Jahrhundert (1981–2000) durchschnittlich einmal überschritten wurde. Eine Verkürzung der Wiederkehrzeit impliziert häufigere Extremniederschlagsereignisse (d. h. durchschnittlich kürzere Zeiten zwischen den Ereignissen). Die Boxplots zeigen Ergebnisse für regional gemittelte Projektionen für die beiden Zeithorizonte 2046 bis 2065 und 2081 bis 2100 im Vergleich zum späten 20. Jahrhundert sowie für drei verschiedene SRES-Emissionsszenarien (B1, A1B, A2) (siehe Legende). Die Ergebnisse beruhen auf 14 GCM, die zum CMIP3 beigetragen haben. Die Größe der farbigen Kästchen (in denen 50 % der Modellprojektionen enthalten sind) und die Länge der „Whisker" (Antenne, welche die Höchst- und Mindestprojektionen aus allen Modellen darstellen) zeigen den Grad an Übereinstimmung zwischen den Modellen. Siehe Legende bezüglich der festgelegten Grenzen von Regionen. Die Werte sind nur für Punkte an Land berechnet. Der Kasten „Erde" zeigt die anhand aller Landgitterpunkte berechneten Werte. [3.3.2, Abbildung 3-1, Abbildung 3-7]

Wirbelstürmen verbundene Starkniederschläge werden mit anhaltender Erwärmung *wahrscheinlich* zunehmen. Es besteht *mittleres Vertrauen*, dass es in einigen Regionen trotz einer projizierten Abnahme der Gesamtniederschlagsmenge zu einem Anstieg bei Starkniederschlägen kommt. Basierend auf einer Reihe von Emissionsszenarien (B1, A1B, A2) wird eine Tagesniederschlagsmenge mit einer Wiederkehrzeit von 20 Jahren bis zum Ende des 21. Jahrhunderts in vielen Regionen *wahrscheinlich* zu einem 5- bis 15-jährigen Ereignis, wobei die Szenarien mit höheren Emissionen (A1B und A2) zu einer stärkeren projizierten Verkürzung der Wiederkehrzeit führen. Siehe Abbildung SPM.4B. [3.3.2, 3.4.4, Tabelle 3-3, Abbildung 3-7]

Die durchschnittlichen Spitzenwindgeschwindigkeiten von tropischen Wirbelstürmen werden *wahrscheinlich* zunehmen, auch wenn es möglicherweise nicht in allen Ozean-Becken zu einem Anstieg kommen wird. Es ist *wahrscheinlich*, dass die weltweite Häufigkeit tropischer Wirbelstürme entweder abnehmen oder im Wesentlichen unverändert bleiben wird. [3.4.4]

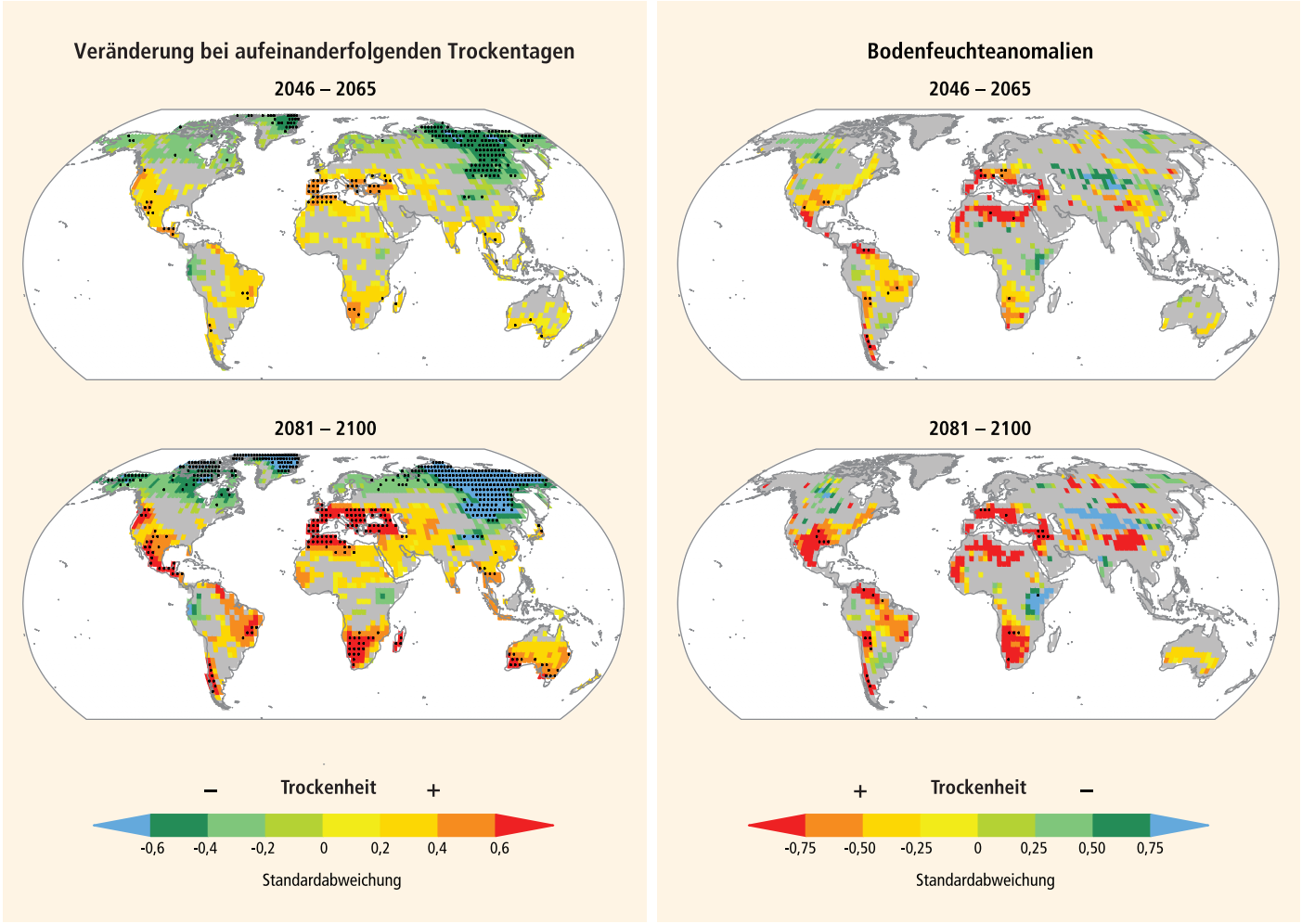


Abbildung SPM.5 | Projizierte jährliche Änderungen der Trockenheit, abgeschätzt anhand von zwei Indizes. Linke Spalte: Änderungen der jährlichen Höchstzahl von aufeinanderfolgenden Trockentagen (CDD (consecutive dry days): Tage mit einer Niederschlagsmenge <1 mm). Rechte Spalte: Änderungen der Bodenfeuchte (Bodenfeuchteanomalien, SMA (soil moisture anomalies)). Erhöhte Trockenheit wird angezeigt durch gelbe bis rote Farben; geringere Trockenheit durch grüne bis blaue. Projizierte Änderungen werden in Einheiten der Standardabweichung der zwischenjährlichen Variabilität in den drei 20-Jahreszeiträumen 1980–1999, 2046–2065 und 2081–2100 ausgedrückt. Die Abbildungen zeigen Änderungen für die beiden Zeithorizonte 2046 bis 2065 und 2081 bis 2100 im Vergleich zu den Werten des späten 20. Jahrhunderts (1980–1999) auf der Basis von GCM-Simulationen unter dem Emissionsszenario SRES A2 relativ zu entsprechenden Simulationen für das späte 20. Jahrhundert. Die Ergebnisse beruhen auf 17 (CDD) bzw. 15 (SMA) GCM, die zu CMIP3 beigetragen haben. Farbschattierungen gelten für Gebiete, in denen mindestens 66 % (12 von 17 bei CDD, 10 von 15 bei SMA) der Modelle beim Vorzeichen der Änderung übereinstimmen; Rasterpunkte kommen in Regionen hinzu, in denen mindestens 90 % (16 von 17 bei CDD, 14 von 15 bei SMA) aller Modelle hinsichtlich des Vorzeichens der Änderung übereinstimmen. Graue Schattierung zeigt Gebiete mit unzureichender Modellübereinstimmung an (<66 %). [3.5.1, Abbildung 3-9]

Es besteht *mittleres Vertrauen*, dass die für jede Hemisphäre gemittelte Anzahl außertropischer Wirbelstürme zurückgehen wird. Während in Bezug auf die detaillierten geographischen Projektionen zum Auftreten außertropischer Wirbelstürme *geringes Vertrauen* besteht, gibt es *mittleres Vertrauen* hinsichtlich einer projizierten polwärts gerichteten Verlagerung der Zugbahnen außertropischer Stürme. Für Projektionen kleinräumiger Wettererscheinungen wie Tornados und Hagel besteht *geringes Vertrauen*, weil künftige Trends möglicherweise durch konkurrierende physikalische Prozesse beeinflusst werden und die aktuellen Klimamodelle solche Erscheinungen nicht simulieren. [3.3.2, 3.3.3, 3.4.5]

Es besteht *mittleres Vertrauen*, dass sich Dürren im 21. Jahrhundert in manchen Jahreszeiten und Gebieten wegen geringerer Niederschlagsmengen und/oder einer höheren Evapotranspiration verstärken werden. Dies gilt für die Regionen Südeuropa und Mittelmeer, Mitteleuropa, Zentral-Nordamerika, Mittelamerika und Mexiko, Nordost-Brasilien und südliches Afrika. Bezüglich anderer Regionen ist aufgrund von inkonsistenten Projektionen hinsichtlich der Veränderungen von Dürren (je nach Modell und Trockenheitsindex) insgesamt *geringes Vertrauen* vorhanden. Definitionsprobleme, das Fehlen von Beobachtungsdaten sowie der Umstand, dass Modelle nicht alle dürrebeeinflussenden Faktoren berücksichtigen können, verhindern bei Dürreprojektionen ein stärkeres Vertrauen als *mittel*. Siehe Abbildung SPM.5. [3.5.1, Tabelle 3-3, Box 3-3]

Projizierte Niederschlags- und Temperaturänderungen implizieren mögliche Änderungen bei Hochwasser, auch wenn in Projektionen zu Änderungen von Flusshochwassern insgesamt nur *geringes Vertrauen* besteht. Das Vertrauen ist deswegen *gering*, weil nur *begrenzte Belege* vorhanden sind und die Ursachen regionaler Änderungen komplex sind, auch wenn es Ausnahmen hinsichtlich dieser Aussage gibt. Es besteht (aufgrund physikalischer Überlegungen) *mittleres Vertrauen*, dass die projizierte Zunahme von Starkniederschlägen in einigen Einzugsgebieten oder Regionen zu einer Zunahme örtlicher Überschwemmungen beitragen wird. [3.5.2]

Es ist *sehr wahrscheinlich*, dass der Anstieg des mittleren Meeresspiegels künftig zu Aufwärtstrends bei extremen Küstenhochwasserständen beitragen wird. Es besteht *hohes Vertrauen*, dass an Orten, die derzeit nachteilige Folgen wie Küstenerosion und Überflutungen verzeichnen, dies wegen des ansteigenden Meeresspiegels auch künftig der Fall sein wird – vorausgesetzt, alle übrigen Einflussfaktoren bleiben gleich. Der *sehr wahrscheinliche* Beitrag des Anstiegs des mittleren Meeresspiegels zu einer Zunahme extremer Küstenhochwasserstände, gekoppelt mit der *wahrscheinlichen* Zunahme von Spitzenwindgeschwindigkeiten tropischer Wirbelstürme, ist für tropische kleine Inselstaaten ein besonderes Problem. [3.5.3, 3.5.5, Box 3-4]

Es besteht *hohes Vertrauen*, dass sich Änderungen bei Hitzewellen, Gletscherschwund und/oder im Rückgang des Permafrosts auf Hochgebirgsphänomene wie Hanginstabilitäten, Bewegungen von Massen und Gletscherseeausbrüche auswirken werden. Zudem liegt *hohes Vertrauen* vor, dass sich Änderungen bei Starkniederschlägen in einigen Regionen auf Erdrutsche auswirken werden. [3.5.6]

Es gibt *geringes Vertrauen* in Projektionen von Änderungen großräumiger natürlicher Klimaschwankungen. Das Vertrauen in Projektionen von Änderungen bei Monsunen (Niederschlagsmengen, Zirkulation) ist *gering*, weil bei den Klimamodellen hinsichtlich des Vorzeichens künftiger Änderungen von Monsunen wenig Konsens besteht. Modellprojektionen von Änderungen der Variabilität des Phänomens El Niño–Southern Oscillation und der Häufigkeit von El-Niño-Episoden sind nicht konsistent, weshalb hinsichtlich der Projektionen zu Änderungen dieses Phänomens *geringes Vertrauen* besteht. [3.4.1, 3.4.2, 3.4.3].

Folgen für den Menschen und Katastrophenschäden

Extremereignisse werden sich auf Sektoren mit engeren Verbindungen zum Klima, beispielsweise Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Ernährungssicherheit, Forstwirtschaft, Gesundheitswesen und Tourismus, stärker auswirken. So besteht – auch wenn es derzeit nicht möglich ist, konkrete Änderungen auf der Ebene von Einzugsgebieten zuverlässig zu projizieren – *hohes Vertrauen*, dass Klimaänderungen das Potenzial aufweisen, sich erheblich auf Wasserwirtschaftssysteme auszuwirken. Allerdings stellt der Klimawandel in vielen Fällen nur einen der Treiber künftiger Änderungen dar und ist auf lokaler Ebene nicht unbedingt das wichtigste Antriebselement. Beträchtliche Folgen von Klimaextremen werden auch für die Infrastruktur erwartet, obwohl detaillierte Analysen potenzieller und projizierter Schäden auf einige wenige Länder, Infrastrukturtypen und Sektoren beschränkt sind. [4.3.2, 4.3.5]

In vielen Regionen werden die größten Treiber künftiger Anstiege wirtschaftlicher Schäden aufgrund einiger Klimaextreme sozioökonomischer Art sein (*mittleres Vertrauen* aufgrund von *mittlerer Übereinstimmung* und *begrenzten Belegen*). Klimaextreme bilden nur einen der Faktoren, die Risiken beeinflussen, doch wenige Studien haben die Auswirkungen von Bevölkerungsveränderungen, der Exposition von Menschen und Wirtschaftsgütern sowie der Verwundbarkeit als Determinanten von Schäden konkret quantifiziert. Allerdings unterstreichen die wenigen verfügbaren Untersuchungen generell die wichtige Rolle von projizierten Änderungen (Steigerungen) der gefährdeten Bevölkerung und des gefährdeten Kapitals. [4.5.4]

Erhöhte Exposition wird zu größeren direkten wirtschaftlichen Schäden aufgrund tropischer Wirbelstürme führen. Schäden werden auch von künftigen Änderungen der Häufigkeit und Intensität tropischer Wirbelstürme abhängen (*hohes Vertrauen*). Die Gesamtschäden infolge außertropischer Wirbelstürme werden ebenfalls zunehmen, wobei in einigen Gebieten auch eine Abnahme oder gar keine Änderung möglich ist (*mittleres Vertrauen*). Auch wenn an vielen Orten künftige Hochwasserschäden zunehmen werden, wenn zusätzliche Schutzmaßnahmen fehlen (*hohe Übereinstimmung, mittelstarke Belege*), schwankt das Ausmaß der geschätzten Änderungen je nach Ort, verwendeten Klimaszenarien und angewandten Methoden zur Bewertung von Folgen auf den Stromdurchfluss und die Hochwasserhäufigkeit stark. [4.5.4]

Katastrophen in Zusammenhang mit Klimaextremen beeinflussen die Mobilität und Umsiedlung der Bevölkerung, wovon Aufnahme- und Herkunftsgemeinschaften betroffen sind (*mittlere Übereinstimmung, mittelstarke Belege*). Treten Katastrophen häufiger und/oder mit größerer Stärke auf, werden manche lokale Gebiete als Wohngebiete oder Gebiete zur Sicherung des Lebensunterhalts immer unbedeutender. In derartigen Fällen könnten Wanderungsbewegungen und Umsiedlungen zu einem Dauerzustand werden und in den Umsiedlungsgebieten daher zusätzliche Belastungen hervorrufen. Für Orte wie Atolle ist es in einigen Fällen denkbar, dass viele Anwohner umsiedeln werden müssen. [5.2.2]

E. Management sich ändernder Risiken von Klimaextremen und Katastrophen

Die Anpassung an den Klimawandel und das Management von Katastrophenrisiko bieten eine Bandbreite einander ergänzender Ansätze zum Umgang mit dem Risiko von Klimaextremen und Katastrophen (Abbildung SPM.2). Die wirkungsvolle Anwendung und Kombination von Ansätzen kann davon profitieren, wenn die weiter gefasste Herausforderung der nachhaltigen Entwicklung berücksichtigt wird.

Maßnahmen, die sowohl unter dem jetzigen Klima als auch unter einer Bandbreite künftiger Klimawandelszenarien vorteilhaft sind und als Low-Regrets-Maßnahmen bezeichnet werden, stellen verfügbare Ausgangspunkte dar, um projizierten Trends hinsichtlich Exposition, Verwundbarkeit und Klimaextreme zu begegnen. Sie haben das Potenzial, schon jetzt Vorteile zu bieten, und legen das Fundament für die Bewältigung projizierter Änderungen (*hohe Übereinstimmung, mittelstarke Belege*). Viele dieser Low-Regrets-Strategien produzieren weitere Vorteile, tragen zur Inangriffnahme anderer Entwicklungsziele wie Verbesserungen von Erwerbsmöglichkeiten, Wohlergehen der Menschen und dem Schutz der Biodiversität bei, und tragen zur Minimierung fehlgeleiteter Anpassungsmaßnahmen bei. [6.3.1, Tabelle 6-1]

Zu potenziellen Low-Regrets-Maßnahmen gehören Frühwarnsysteme, Risikokommunikation zwischen Entscheidungsträgern und der ortsansässigen Bevölkerung, nachhaltiges Landmanagement einschließlich Raumplanung sowie das Management und die Wiederherstellung von Ökosystemen.

Andere Low-Regrets-Maßnahmen umfassen Verbesserungen an Gesundheitsüberwachung, Wasserversorgung, Sanitärversorgung sowie Bewässerungs- und Entwässerungssystemen, klimasichere Infrastruktur, die Ausarbeitung und Durchsetzung von Bauvorschriften sowie eine bessere Bildung und Sensibilisierung. [5.3.1, 5.3.3, 6.3.1, 6.5.1, 6.5.2] Siehe auch die Fallstudie 9.2.11 und 9.2.14 sowie die Bewertung in Abschnitt 7.4.3.

Tabelle SPM.1 | Anschauungsbeispiele für Risikomanagement- und Anpassungsoptionen im Zusammenhang mit Änderungen von Exposition, Verwundbarkeit und Klimaextremen. In jedem Beispiel sind die Angaben auf dem räumlichen Maßstab dargestellt, der für Entscheidungsabläufe unmittelbar relevant ist. Beobachtete und projizierte Änderungen bei Klimaextremen auf globalem und regionalem Maßstab machen deutlich, dass sich je nach räumlichem Maßstab die Richtung, die Größenordnung und/oder der Unsicherheitsgrad von Änderungen unterscheiden können.

Die Beispiele wurden basierend darauf ausgewählt, ob in den zu Grunde liegenden Kapiteln entsprechende Belege verfügbar waren, darunter zu Exposition, Verwundbarkeit, Klimadaten sowie Risikomanagement- und Anpassungsoptionen. Damit sollen sachbezogene Themen und räumliche Maßstäbe des Risikomanagements widergespiegelt und keine umfassenden, regionsweise aufgeschlüsselten Informationen bereitgestellt werden. Die Beispiele dienen nicht dazu, regionale Unterschiede hinsichtlich Exposition und Verwundbarkeit oder Erfahrung im Risikomanagement widerzuspiegeln.

Das Vertrauen in Bezug auf projizierte Änderungen bei Klimaextremen auf lokalem Maßstab ist häufig geringer als das Vertrauen hinsichtlich projizierter regionaler und globaler Änderungen. Durch dieses geringere Vertrauen in die Änderungen wird der Fokus auf Low-Regrets-Risikomanagementoptionen gerichtet, bei denen Exposition und Verwundbarkeit vermindert sowie die Widerstandsfähigkeit und die Vorbereitung auf Risiken, die sich nicht gänzlich ausschließen lassen, erhöht werden sollen. Durch mit höherem Vertrauen projizierte Änderungen von Klimaextremen – auf einem für Entscheidungen hinsichtlich Anpassung und Risikomanagement relevanten räumlichen Maßstab – können Erkenntnisse für gezieltere Anpassungen von Strategien, politischen Konzepten und Maßnahmen bereitgestellt werden. [3.1.6, Box 3-2, 6.3.1, 6.5.2]

Beispiel	**Exposition und Verwundbarkeit auf dem im Beispiel genannten räumlichen Maßstab des Risikomanagements**	**Angaben zu Klimaextremen auf unterschiedlichen räumlichen Maßstäben**			**Optionen für Risikomanagement und Anpassung im Beispiel**
		GLOBAL Beobachtete (seit 1955) und projizierte (bis 2100) globale Änderungen	**REGIONAL** Beobachtete (seit 1955) und projizierte (bis 2100) Änderungen im Beispiel	**RÄUMLICHER MASSSTAB DES RISIKOMANAGEMENTS** Verfügbare Informationen für das Beispiel	
Überflutung im Zusammenhang mit **extremen Meeresspiegel** in tropischen kleinen Inselentwicklungsländern	Kleine Inselstaaten im Pazifik, im Indischen Ozean und im Atlantik, häufig mit geringer Höhe über dem Meeresspiegel, sind gegenüber einem Anstieg des Meeresspiegels und Folgen wie Erosion, Überflutungen, Veränderungen der Küstenlinie sowie dem Eindringen von Salzwasser in küstennahe Aquifere besonders verwundbar. Diese Folgen können zu Ökosystemstörungen, geringeren landwirtschaftlichen Erträgen, Veränderungen der Krankheitsmuster, wirtschaftlichen Schäden beispiels- weise in der Tourismusbranche und zur Umsiedlung der Bevölkerung führen. Alle diese Folgen verstärken die Verwundbarkeit gegenüber extremen Wetterereignissen. [3.5.5, Box 3-4, 4.3.5, 4.4.10, 9.2.9]	**Beobachtet:** *Wahrscheinlicher* weltweiter Anstieg von extremem Küstenhochwasser im Zusammenhang mit dem Anstieg des mittleren Meeresspiegels. **Projiziert:** *Sehr wahrscheinlich* wird der Anstieg des mittleren Meeresspiegels zu Aufwärtstrends der extremen Küstenhochwasser beitragen. *Hohes Vertrauen*, dass an Orten, die derzeit Küstenerosion und Überflutungen verzeichnen, dies aufgrund des ansteigenden Meeresspiegels auch weiterhin der Fall sein wird, vorausgesetzt, alle übrigen Einflussfaktoren bleiben gleich. *Wahrscheinlich* wird die weltweite Häufigkeit tropischer Wirbelstürme entweder abnehmen oder im Wesentlichen unverändert bleiben. *Wahrscheinliche* Zunahme der durchschnittlichen Spitzenwindgeschwindigkeiten von tropischen Wirbelstürmen, auch wenn es möglicherweise nicht in allen Ozeanbecken zu einem Anstieg kommen wird. [Tabelle 3-1, 3.4.4, 3.5.3, 3.5.5]	**Beobachtet:** Gezeiten und El Niño-Southern Oscillation haben zu dem häufigeren Auftreten von extremen Küstenhochwassern und damit verbundenen Überschwemmungen beigetragen, das auf einigen Pazifikinseln in den letzten Jahren verzeichnet wurde. **Projiziert:** Der *sehr wahrscheinliche* Beitrag des Anstiegs des mittleren Meeresspiegels zu einer Zunahme extremer Küstenhochwasser, gekoppelt mit der *wahrscheinlichen* Zunahme von Spitzenwindgeschwindigkeiten tropischer Wirbelstürme, ist für tropische kleine Inselstaaten ein besonderes Problem. Für Angaben zu globalen Projektionen für tropische Wirbelstürme siehe Spalte über globale Änderungen. [Box 3-4, 3.4.4, 3.5.3]	Spärliche regionale und zeitliche Abdeckung durch landbasierte Beobachtungsnetze sowie begrenztes in situ Ozeanbeobachtungsnetz, jedoch in den letzten Jahrzehnten mit verbesserten satellitenbasierten Beobachtungen. Zwar tragen die Änderungen bei der Sturmaktivität möglicherweise zu Änderungen bei extremen Küstenhochwassern bei, die bisher begrenzte räumliche Abdeckung der Studien sowie die mit Sturmaktivitätsänderungen verbundenen Unsicherheiten verhindern jedoch derzeit eine allgemeine Bewertung der Auswirkungen von Sturmaktivitätsänderungen auf Sturmfluten. [Box 3-4, 3.5.3]	Low-Regrets-Optionen, mit denen Exposition und Verwundbarkeit für einer Reihe von Gefahrentrends reduziert werden: • Instandhaltung von Entwässerungssystemen • Brunnentechniken zur Begrenzung der Salzwasserkontaminierung von Grundwasser • Verbesserte Frühwarnsysteme • Regionale Risikostreuung • Schutz, Wiederherstellung und Neuanpflanzung von Mangroven Spezielle Anpassungsoptionen erstrecken sich beispielsweise darauf, dass Volkswirtschaften klimaunabhängiger werden, sowie auf ein adaptives Management mit iterativem Wissenserwerb. In einigen Fällen wird möglicherweise auch eine Umsiedlung in Betracht gezogen werden müssen, beispielsweise bei Atollen, die von Sturmfluten komplett überschwemmt werden können. [4.3.5, 4.4.10, 5.2.2, 6.3.2, 6.5.2, 6.6.2, 7.4.4, 9.2.9, 9.2.11, 9.2.13]
Sturzfluten in informellen Siedlungen in Nairobi, Kenia	Die rasche Ausbreitung informeller Siedlungen einkommensschwacher Bevölkerungsgruppen um Nairobi hat zum Bau von Häusern schlechten Baumaterialien in unmittelbarer Nähe von Flüssen und zur Versiegelung natürlicher Entwässerungsflächen geführt, wodurch sich Exposition und Verwundbarkeit erhöht haben. [6.4.2, Box 6-2]	**Beobachtet:** *Geringes Vertrauen* im globalen Maßstab in Bezug auf (klimabedingte) beobachtete Änderungen bei der Größenordnung und Häufigkeit von Überschwemmungen. **Projiziert:** *Geringes Vertrauen* in Bezug auf Projektionen von Änderungen bei Überschwemmungen, da nur begrenzte Belege vorliegen und die Ursachen regionaler Änderungen komplex sind. Es besteht (aufgrund physikalischer Überlegungen) jedoch *mittleres Vertrauen*, dass die projizierte Zunahme von Starkniederschlägen in einigen Einzugsbereichen oder Regionen zu einer Zunahme niederschlagsbedingter örtlicher Überschwemmungen beitragen wird. [Tabelle 3-1, 3.5.2]	**Beobachtet:** *Geringes Vertrauen* in Bezug auf Trends bei Starkniederschlägen in Ostafrika wegen unzureichender Belege. **Projiziert:** *Wahrscheinliche* Zunahme von Starkniederschlagsindikatoren in Ostafrika. [Tabelle 3-2, Tabelle 3-3, 3.3.2]	Begrenzte Fähigkeit zur Bereitstellung von Projektionen zu örtlichen Sturzfluten. [3.5.2]	Low-Regrets-Optionen, mit denen Exposition und Verwundbarkeit für eine Reihe von Gefahrentrends reduziert werden: • Verbesserung der Gebäudestruktur und stärkere Regulierung • Maßnahmen zur Armutsbekämpfung • Entwässerungsanlagen- und Kanalisationsausbau in der gesamten Stadt Das Programm zur Sanierung und Wiederherstellung von Flüssen in Nairobi (The Nairobi Rivers Rehabilitation and Restoration Programme) umfasst die Einrichtung von Uferpufferzonen sowie den Bau von Kanälen und Entwässerungsgräben und die Freilegung bestehender Gräben, die Beachtung von Klimaschwankungen und Klimaveränderungen bei der Standortfestlegung und Planung einer Abwasserinfrastruktur sowie ökologische Überwachungsmaßnahmen für Flutfrühwarnsysteme. [6.3, 6.4.2, Box 6-2, Box 6-6]

Fortsetzung nächste Seite →

Tabelle SPM.1 (Fortsetzung)

Beispiel	Exposition und Verwundbarkeit auf dem im Beispiel genannten räumlichen Maßstab des Risikomanagements	Angaben zu Klimaextremen auf unterschiedlichen räumlichen Maßstäben			Optionen für Risikomanagement und Anpassung im Beispiel
		GLOBAL Beobachtete (seit 1955) und projizierte (bis 2100) globale Änderungen	**REGIONAL** Beobachtete (seit 1955) und projizierte (bis 2100) Änderungen im Beispiel	**RÄUMLICHER MASSSTAB DES RISIKOMANAGEMENTS** Verfügbare Informationen für das Beispiel	
Folgen von **Hitzewellen** in städtischen Gebieten in Europa	Faktoren, die Exposition und Verwundbarkeit beeinflussen, sind das Lebensalter, der Gesundheitszustand, das Maß an Betätigung im Freien, sozioökonomische Faktoren einschließlich Armut und sozialer Isolierung, die Zugänglichkeit und Nutzung von Kühlungsmöglichkeiten, die physiologische und verhaltensbezogene Anpassung der Bevölkerung sowie die städtische Infrastruktur. [2.5.2, 4.3.5, 4.3.6, 4.4.5, 9.2.1]	**Beobachtet:** *Mittleres Vertrauen,* dass die Länge oder Anzahl von warmen Perioden oder Hitzewellen in vielen (jedoch nicht allen) Regionen der Welt seit Mitte des 20. Jahrhunderts zugenommen hat. *Sehr wahrscheinlicher* Anstieg der Anzahl von warmen Tagen und Nächten im globalen Maßstab. **Projiziert:** *Sehr wahrscheinlicher* Anstieg der Dauer, Häufigkeit und/oder Intensität von Wärmeperioden oder Hitzewellen über den meisten Landflächen. *Praktisch sicherer* Anstieg der Häufigkeit und Größenordnung von warmen Tagen und Nächten im globalen Maßstab. [Tabelle 3-1, 3.3.1]	**Beobachtet:** *Mittleres Vertrauen* bezüglich einer Zunahme von Hitzewellen oder warmen Perioden in Europa. *Wahrscheinlicher* Gesamtanstieg der Anzahl von warmen Tagen und Nächten im größten Teil des Kontinents. **Projiziert:** *Wahrscheinlich* häufigere, längere und/oder intensivere Hitzewellen oder warme Perioden in Europa. *Sehr wahrscheinlicher* Anstieg der Anzahl von warmen Tagen und Nächten. [Tabelle 3-2, Tabelle 3-3, 3.3.1]	Beobachtungen und Projektionen können Erkenntnisse zu bestimmten städtischen Gebieten in der Region liefern, wobei wegen regionaler Trends und des städtischer Hitzeinseleffektes eine Zunahme von Hitzewellen erwartet wird. [3.3.1, 4.4.5]	Low-Regrets-Optionen, mit denen Exposition und Verwundbarkeit für eine Reihe von Gefahrentrends reduziert werden: • Frühwarnsysteme, die besonders verwundbare Gruppen (z. B. ältere Bevölkerung) erreichen • Kartierungen zu Verwundbarkeit und entsprechende Maßnahmen • Öffentliche Hinweise zu den bei Hitzewellen zu treffenden Maßnahmen einschließlich Verhaltenshinweisen • Inanspruchnahme von sozialen Betreuungsnetzwerken, damit verwundbare Gruppen erreicht werden Konkrete Anpassungen bei Strategien, politischen Konzepten und Maßnahmen auf der Basis von Information aus Trends bei Hitzewellen umfassen eine Sensibilisierung für Hitzewellen als Problem des öffentlichen Gesundheitswesens, Änderungen bei der städtischen Infrastruktur und der Raumplanung beispielsweise durch Ausweitung städtischer Grünflächen, Änderungen der Kühlungskonzepte für öffentliche Einrichtungen sowie Anpassungen bei der Infrastruktur zur Erzeugung und Übertragung von Energie. [Tabelle 6-1, 9.2.1]
Zunehmende Schäden infolge von **Hurrikanen** in den USA und der Karibik	Exposition und Verwundbarkeit nehmen infolge von Bevölkerungswachstum und Wertsteigerung von Immobilien zu, insbesondere entlang der Golf- und Atlantikküste der Vereinigten Staaten. Diese Zunahme ist teilweise durch verbesserte Bauvorschriften ausgeglichen worden. [4.4.6]	**Beobachtet:** *Geringes Vertrauen* in jegliche beobachtete langfristige (d. h. sich über 40 Jahre oder mehr erstreckende) Zunahme der Aktivität tropischer Wirbelstürme, unter Berücksichtigung der im Laufe der Zeit veränderten Beobachtungsfähigkeiten. **Projiziert:** *Wahrscheinlich* wird die weltweite Häufigkeit tropischer Wirbelstürme entweder abnehmen oder im Wesentlichen unverändert bleiben. *Wahrscheinliche Zunahme* der durchschnittlichen Spitzenwindgeschwindigkeiten von tropischen Wirbelstürmen, auch wenn es möglicherweise nicht in allen Ozeanbecken zu einem Anstieg kommen wird. Mit tropischen Wirbelstürmen verbundene Starkniederschläge werden *wahrscheinlich* zunehmen. Der projizierte Meeresspiegelanstieg dürfte die Folgen von Sturmfluten bei tropischen Wirbelstürmen weiter verschlimmert. [Tabelle 3-1, 3.4.4]	Für globale Projektionen siehe Spalte über globale Änderungen.	Begrenzte Fähigkeit von Modellen, für bestimmte Siedlungen oder sonstige Orte relevante Änderungen zu projizieren, was darauf zurückzuführen ist, dass globale Modelle diejenigen Faktoren nicht genau simulieren können, die für die Entstehung, die Zugbahnen und die Intensitätsentwicklung tropi- scher Wirbelstürme von Bedeutung sind. [3.4.4]	Low-Regrets-Optionen, mit denen Exposition und Verwundbarkeit für eine ganze Reihe von Gefahrentrends reduziert werden: • Verabschiedung und Durchsetzung verbesserter Bauvorschriften • Verbesserte Vorhersagekapazität und Realisierung verbesserter Frühwarnsysteme (einschließlich Evakuierungspläne und diesbezüglicher Infrastrukturen) • Regionale Risikobündelung Im Zusammenhang mit der zugrundeliegenden hochgradigen Variabilität und Unsicherheit in Bezug auf Trends können die Optionen auch einen Schwerpunkt auf adaptivem Management mit Wissenserwerb und Flexibilität beinhalten (Beispiel: Nationaler Hurrikanausschuss der Kaiman-Inseln – Cayman Islands National Hurricane Committee) [5.5.3, 6.5.2, 6.6.2, Box 6-7, Tabelle 6-1, 7.4.4, 9.2.5, 9.2.11, 9.2.13]
Dürren im Kontext der Ernährungssicherheit in Westafrika	Weniger fortschrittliche landwirtschaftliche Methoden machen die Region verwundbarer gegenüber zunehmender Variabilität der saisonalen Niederschläge, Dürren und Wetterextreme. Verwundbarkeit wird durch Bevölkerungswachstum, Schädigung von Ökosystemen und Übernutzung der natürlichen Ressourcen sowie eine dürftige Qualität des Gesundheits-, Bildungs- und Staatswesens verschärft. [2.2.2, 2.3, 2.5, 4.4.2, 9.2.3]	**Beobachtet:** *Mittleres Vertrauen,* dass einige Regionen der Welt intensivere und längere Dürren verzeichnet haben, in manchen Regionen sind Dürren jedoch weniger häufig, weniger intensiv oder kürzer geworden. **Projiziert:** *Mittleres Vertrauen* in Bezug auf die projizierte Intensivierung von Dürren in manchen Jahreszeiten und Gebieten. Anderswo besteht wegen inkonsistenter Projektionen insgesamt *geringes Vertrauen.* [Tabelle 3-1, 3.5.1]	**Beobachtet:** *Mittleres Vertrauen* in Bezug auf einen Anstieg der Trockenheit. Die vergangenen Jahre sind gekennzeichnet durch größere interannuelle Variabilität als die vorangegangenen 40 Jahre, wobei die westliche Sahelzone weiterhin trocken ist und die östliche Sahelzone zu feuchteren Verhältnissen zurückkehrt. **Projiziert:** *Geringes Vertrauen* wegen uneinheitlicher Anzeichen in Modellprojektionen. [Tabelle 3-2, Tabelle 3-3, 3.5.1]	Subsaisonale, saisonale und interannuelle Projektionen mit zunehmender Unsicherheit bei längeren Zeitskalen. Verbesserte Überwachungsmaßnahmen, Instrumente und Daten im Zusammenhang mit Frühwarnsystemen, jedoch begrenzte Beteiligung und Information gefährdeter Bevölkerungsgruppen. [5.3.1, 5.5.3, 7.3.1, 9.2.3, 9.2.11]	Low-Regrets-Optionen, mit denen die Exposition und Verwundbarkeit für eine Reihe von Gefahrentrends reduziert werden: • Traditionelle Systeme zur Gewinnung und Speicherung von Regen- und Grundwasser • Wasserbedarfsmanagement und verbesserte Bewässerungseffizienzmaßnahmen • Bodenschonende Landwirtschaft, Fruchtfolge und Diversifizierung von Erwerbsmöglichkeiten • Zunehmende Nutzung dürreresistenter Nutzpflanzensorten • Frühwarnsysteme, die saisonale Projektionen mit Dürreprojektionen verzahnen, wobei die Kommunikation unter Einbeziehung von Beratungsdienste verbessert wird Risikobündelung auf regionaler oder nationaler Ebene [2.5.4, 5.3.1, 5.3.3, 6.5, Tabelle 6-3, 9.2.3, 9.2.11]

Effektives Risikomanagement umfasst im Regelfall eine Reihe von Maßnahmen zur Minderung und Übertragung des Risikos und zur Reaktion auf Ereignisse und Katastrophen, im Gegensatz zu einem isolierten Fokus auf eine einzelne Maßnahme oder Maßnahmenart (*hohes Vertrauen*). [1.1.2, 1.1.4, 1.3.3] Solche integrierten Ansätze sind wirkungsvoller, wenn sie sich nach den konkreten örtlichen Umständen richten und an diese angepasst sind (*hohe Übereinstimmung, belastbare Belege*). [5.1] Zu erfolgreichen Strategien gehören eine Kombination aus „harten" infrastrukturbasierten Maßnahmen und „weichen" Lösungen wie der Aufbau individueller und institutioneller Kompetenzen sowie ökosystembasierte Maßnahmen. [6.5.2]

Auf vielfältige Gefahren ausgerichtete Risikomanagementansätze bieten Möglichkeiten zur Verringerung komplexer und kombinierter Gefahren (*hohe Übereinstimmung, belastbare Belege*). Die Berücksichtigung vielfältiger Arten von Gefahren reduziert die Wahrscheinlichkeit, dass Risikominderungsmaßnahmen, die nur auf eine einzige Gefahrenart ausgerichtet sind, die Exposition durch andere Gefahren und die Verwundbarkeit diesen gegenüber jetzt und in Zukunft erhöhen. [8.2.5, 8.5.2, 8.7]

Es bestehen Möglichkeiten zur Schaffung von Synergien im internationalen Finanzwesen für das Management von Katastrophenrisiko und die Anpassung an den Klimawandel, diese wurden jedoch noch nicht voll verwirklicht (*hohes Vertrauen*). Die internationalen Finanzmittel für die Katastrophenrisikominderung sind im Vergleich zur Größenordnung der Ausgaben für internationale humanitäre Hilfe relativ gering. [7.4.2] Technologietransfer und technische Zusammenarbeit zur Förderung der Katastrophenrisikominderung und der Anpassung an den Klimawandel sind wichtig. Die Koordination von Technologietransfer und technischer Zusammenarbeit zwischen diesen beiden Feldern hat bisher gefehlt, was zu einer bruchstückhaften Umsetzung geführt hat. [7.4.3]

Stärkere Bemühungen auf internationaler Ebene führen auf lokaler Ebene nicht unbedingt zu substanziellen und raschen Resultaten (*hohes Vertrauen*). Für die Verknüpfung zwischen den von international bis lokal reichenden Ebenen besteht Verbesserungsspielraum. [7.6]

Eine Verknüpfung von lokalem Wissen mit zusätzlichen wissenschaftlichen und technischen Erkenntnissen kann die Katastrophenrisikominderung und die Anpassung an den Klimawandel verbessern (*hohe Übereinstimmung, belastbare Belege*). Ortsansässige Bevölkerungen dokumentieren ihre Erfahrungen mit dem sich wandelnden Klima, insbesondere Extremwetterereignissen, auf vielfältige Weise, und dieses selbst erarbeitete Wissen kann vorhandene Kompetenzen innerhalb der örtlichen Gemeinschaft sowie wichtige aktuelle Defizite aufdecken. [5.4.4] Eine Mitwirkung der lokalen Bevölkerung unterstützt die gemeinschaftsbasierte Anpassung, was dem Management von Katastrophenrisiken und Klimaextremen zugutekommt. Durch Verbesserungen bei der Verfügbarkeit von Human- und Finanzkapital sowie von Katastrophenrisiko- und Klimainformationen, die auf örtliche Stakeholder zugeschnitten sind, kann die gemeinschaftsbasierte Anpassung jedoch gesteigert werden (*mittlere Übereinstimmung, mittelstarke Belege*). [5.6]

Eine sachgerechte und rechtzeitige Risikokommunikation ist für eine wirkungsvolle Anpassung und effektives Management von Katastrophenrisiko von entscheidender Bedeutung (*hohes Vertrauen*). Durch die ausdrückliche Beschreibung von Unsicherheiten und Komplexitäten wird die Risikokommunikation gestärkt. [2.6.3] Eine effektive Risikokommunikation beruht auf dem Austausch, der Weitergabe und der Verknüpfung von Kenntnissen über klimabezogene Risiken zwischen allen Stakeholder-Gruppen. Die Risikowahrnehmung individueller Stakeholder und Gruppen wird durch psychologische und kulturelle Faktoren, Werte und Überzeugungen geprägt. [1.1.4, 1.3.1, 1.4.2] Siehe auch die Bewertung in Abschnitt 7.4.5.

Ein iterativer Prozess der Überwachung, Forschung, Bewertung, Erkenntnisgewinnung und Innovation kann das Katastrophenrisiko verringern und ein adaptives Management im Zusammenhang mit Klimaextremen fördern (*hohe Übereinstimmung, belastbare Belege*). [8.6.3, 8.7] Anpassungsmaßnahmen profitieren von iterativen Risikomanagementstrategien aufgrund der Komplexität, Unsicherheiten und des langfristigen Zeithorizonts im Zusammenhang mit dem Klimawandel (*hohes Vertrauen*). [1.3.2] Die Schließung von Wissenslücken durch verbesserte Beobachtung und Forschung kann Unsicherheiten verringern und bei der Konzeption wirkungsvoller Anpassungs- und Risikomanagementstrategien hilfreich sein. [3.2, 6.2.5, Tabelle 6-3, 7.5, 8.6.3] Siehe auch die Bewertung in Abschnitt 6.6.

Tabelle SPM.1 zeigt Beispiele dafür, wie beobachtete und projizierte Trends von Exposition, Verwundbarkeit und Klimaextremen zu einem Erkenntnisgewinn bezüglich Strategien, politischen Konzepten und Maßnahmen

für Risikomanagement und Anpassung führen können. Die Bedeutung dieser Trends für Entscheidungsprozesse hängt von ihrer Größenordnung, dem Gewissheitsgrad des betreffenden Risikos auf zeitlicher und räumlicher Ebene, sowie von der verfügbaren Kapazität zur Umsetzung von Risikomanagementoptionen ab (siehe Tabelle SPM.1).

Auswirkungen für nachhaltige Entwicklung

Maßnahmen, die von schrittweisen bis hin zu transformativen Änderungen reichen, sind für die Minderung des sich aus Klimaextremen ergebenden Risikos von wesentlicher Bedeutung (*hohe Übereinstimmung, belastbare Belege*). Schrittweise Änderungen sollen die Effizienz innerhalb bestehender Technik-, Werte- und politischer Steuerungssysteme verbessern, wohingegen mit Transformation Veränderungen grundlegender Eigenschaften dieser Systeme verbunden sein können. Transformationen, soweit sie erforderlich sind, werden auch durch eine verstärkte Betonung von adaptivem Management und Wissenserwerb erleichtert. Ist die Verwundbarkeit hoch und die Anpassungsfähigkeit gering, können Änderungen bei Klimaextremen die nachhaltige Anpassung von Systemen ohne transformative Änderungen erschweren. Verwundbarkeit ist häufig in Ländern oder Gruppen mit niedrigerem Einkommen konzentriert, obwohl Länder oder Gruppen mit höherem Einkommen gegenüber Klimaextremen ebenfalls anfällig sein können. [8.6, 8.6.3, 8.7]

Soziale, wirtschaftliche und ökologische Nachhaltigkeit kann durch Methoden des Katastrophenrisikomanagements und der Anpassung verbessert werden. Eine Voraussetzung für Nachhaltigkeit im Kontext des Klimawandels ist die Inangriffnahme der zu Grunde liegenden Ursachen von Verwundbarkeit, einschließlich der strukturellen Ungleichheiten, die Armut entstehen lassen und aufrechterhalten sowie den Zugang zu Ressourcen beschränken (*mittlere Übereinstimmung, belastbare Belege*). Dies umfasst die Integration von Katastrophenrisikomanagement und Anpassung in alle Sozial-, Wirtschafts- und Umweltpolitikbereiche. [8.6.2, 8.7]

Die wirksamsten Anpassungsmaßnahmen und die effektivsten Maßnahmen zur Reduzierung des Katastrophenrisikos sind solche, die sowohl relativ kurzfristig Entwicklungsvorteile als auch längerfristig Minderung der Verwundbarkeit bieten (*hohe Übereinstimmung, mittelstarke Belege*). Je nach unterschiedlichen Werten, Interessen und Prioritäten für die Zukunft muss man zwischen aktuellen Entscheidungen und langfristigen Zielen Ausgleiche finden. Kurz- und langfristige Perspektiven für das Management von Katastrophenrisiko und die Anpassung an den Klimawandel können somit schwer miteinander in Einklang zu bringen sein. Zu einer derartigen Abstimmung gehört auch die Überwindung der Entkopplung lokaler Risikomanagementverfahren von nationalen institutionellen und rechtlichen Rahmenbedingungen sowie politischen Konzepten und Planungsmaßnahmen. [8.2.1, 8.3.1, 8.3.2, 8.6.1]

Fortschritte in Richtung widerstandsfähiger und nachhaltiger Entwicklung im Kontext sich ändernder Klimaextreme können davon profitieren, wenn Annahmen und Paradigmen infrage gestellt werden und die Innovation angeregt wird, um neue Reaktionsmuster zu fördern (*mittlere Übereinstimmung, belastbare Belege*). Zu einer erfolgreichen Inangriffnahme von Katastrophenrisiko, Klimawandel und anderen Belastungsfaktoren gehört häufig eine breite Mitwirkung an der Strategieentwicklung, die Fähigkeit zur Kombination vielfältiger Sichtweisen sowie einander konträre Methoden zur Gestaltung sozialer Beziehungen. [8.2.5, 8.6.3, 8.7]

Die Wechselwirkungen zwischen Minderung des Klimawandels, Anpassungsmaßnahmen und Management von Katastrophenrisiko können einen erheblichen Einfluss auf widerstandsfähige und nachhaltige Lösungswege ausüben (*hohe Übereinstimmung, begrenzte Belege*). Insbesondere die Wechselwirkungen zwischen den Zielen der Minderung und der Anpassung spielen sich lokal ab, haben aber globale Konsequenzen. [8.2.5, 8.5.2]

Es gibt eine Vielzahl von Ansätzen und Lösungswegen zu einer nachhaltigen und widerstandsfähigen Zukunft. [8.2.3, 8.4.1, 8.6.1, 8.7] Allerdings stößt man auf Grenzen der Resilienz, wenn Schwellenwerte oder Kipppunkte im Zusammenhang mit sozialen und/oder natürlichen Systemen überschritten werden, was die Anpassung vor schwerwiegende Herausforderungen stellt. [8.5.1] Die Entscheidungen und Ergebnisse für Anpassungsmaßnahmen in Bezug auf Klimaereignisse müssen unterschiedliche Kapazitäten und Ressourcen sowie vielfältige Interaktionsprozesse widerspiegeln. Die Maßnahmen werden durch Ausgleiche zwischen konkurrierenden priorisierten Werten und Zielen sowie unterschiedlichen Vorstellungen von Entwicklung eingerahmt, die sich im Laufe der Zeit ändern können. Durch iterative Ansätze können Entwicklungspfade Risikomanagement integrieren, sodass vielfältige politische Lösungen in Betracht gezogen werden können, während sich das Risiko und dessen Messung, Wahrnehmung und Verständnis im Laufe der Zeit weiterentwickeln. [8.2.3, 8.4.1, 8.6.1, 8.7]

Box SPM.2 | Behandlung von Unsicherheiten

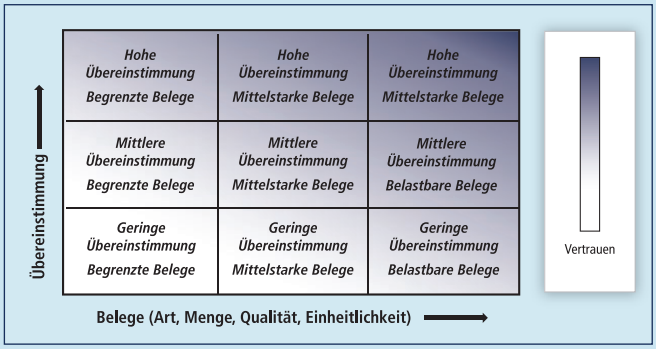
Auf der Basis der Leitlinie zur einheitlichen Behandlung von Unsicherheiten für Leitautoren des Fünften Sachstandsbericht des IPCC (Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties)[6] stützt sich diese Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger auf zwei Metriken zur Darstellung des Gewissheitsgrads der wichtigsten Befunde, welcher auf den Bewertungen des zu Grunde liegenden wissenschaftlichen Kenntnisstandes durch die Autorenteams beruht:

- Vertrauen in die Gültigkeit eines Befundes auf Basis der Art, Menge, Qualität und Einheitlichkeit der Belege (z. B. mechanistisches Verständnis, Theorie, Daten, Modelle, Expertenurteile) und der Grad an Übereinstimmung. Vertrauen wird qualitativ ausgedrückt.
- Quantifizierte Abstufungen der Unsicherheit eines Befundes, die probabilistisch (auf der Basis einer statistischen Analyse von Beobachtungen oder Modellergebnissen bzw. von Expertenurteilen) ausgedrückt werden.

In dieser Leitlinie werden die für den Dritten und Vierten Sachstandsbericht des IPCC erstellten Leitlinien verfeinert. Direkte Vergleiche zwischen den im vorliegenden Bericht vorgenommenen Bewertungen von Unsicherheiten in Befunden und den im Vierten Sachstandsbericht des IPCC enthaltenen Bewertungen sind aufgrund der Anwendung der überarbeiteten Leitlinien zu Unsicherheiten sowie der Verfügbarkeit neuer Informationen, eines verbesserten wissenschaftlichen Verständnisses, fortgeführter Daten- und Modellanalysen sowie spezifischer Unterschiede hinsichtlich der Methoden, die in den bewerteten Untersuchungen angewandt wurden, schwierig, wenn nicht unmöglich. Bei einigen Extremen wurden verschiedene Aspekte bewertet, weshalb ein direkter Vergleich unsachgemäß wäre.

Jeder zentrale Befund beruht auf der durch ein Autorenteam vorgenommenen Bewertung der zugehörigen Belege und des diesbezüglichen Grades an Übereinstimmung. Die Vertrauensmetrik stellt eine qualitative Synthese des Urteils eines Autorenteams zur Gültigkeit eines Befundes dar, die durch Bewertung der Belege und Übereinstimmungen festgelegt wurde. Lassen sich Unsicherheiten probabilistisch quantifizieren, kann ein Autorenteam einen Befund anhand der genau definierten Wahrscheinlichkeitsterminologie oder einer präziseren Darstellung der Wahrscheinlichkeit charakterisieren. Soweit nicht anderes angegeben, ist ein *hohes* oder *sehr hohes Vertrauen* mit Befunden verbunden, denen ein Autorenteam einen Wahrscheinlichkeitsterminus zugewiesen hat.

Zur Charakterisierung der vorliegenden Belege werden die summarischen Begriffe *begrenzt*, *mittelstark* oder *belastbar* und für den Grad an Übereinstimmung *gering*, *mittel* oder *hoch* verwendet. Das Vertrauensniveau wird anhand der fünf Begriffe *sehr gering*, *gering*, *mittel*, *hoch* und *sehr hoch* ausgedrückt. Im Schaubild unten sind summarische Aussagen zu Belegen und zur Übereinstimmung sowie deren Verhältnis zum Vertrauen dargestellt. In diesem Verhältnis ist Flexibilität vorhanden, d. h. einer vorgegebenen Aussage zu Belegen und zur Übereinstimmung können verschiedene Vertrauensniveaus zugewiesen werden, stärkere Belege und ein größerer Grad an Übereinstimmung sind jedoch mit zunehmendem Vertrauen korreliert.



Darstellung von Aussagen zu Belegen und zur Übereinstimmung sowie deren Verhältnis zum Vertrauen. Vertrauen nimmt in Richtung der rechten oberen Ecke zu, wie durch die Intensivierung der Schattierung verdeutlicht wird. Generell sind Belege dann am belastbarsten, wenn zahlreiche, übereinstimmende, unabhängige Belegketten von hoher Qualität vorhanden sind.

Zur Angabe der bewerteten Wahrscheinlichkeit wurden folgende Begriffe verwendet:

Begriff*	**Wahrscheinlichkeit der Ergebnisse**
Praktisch sicher	99–100 % Wahrscheinlichkeit
Sehr wahrscheinlich	90–100 % Wahrscheinlichkeit
Wahrscheinlich	66–100 % Wahrscheinlichkeit
Etwa ebenso wahrscheinlich wie nicht	33–66 % Wahrscheinlichkeit
Unwahrscheinlich	0–33 % Wahrscheinlichkeit
Sehr unwahrscheinlich	0–10 % Wahrscheinlichkeit
Besonders unwahrscheinlich	0–1 % Wahrscheinlichkeit

* Wo angebracht, werden gegebenenfalls auch weitere Begriffe verwendet, die im Vierten Sachstandsbericht unter begrenzten Umständen gebraucht wurden (*äußert wahrscheinlich*: 95–100 % Wahrscheinlichkeit; *eher wahrscheinlich als nicht*: >50–100 % Wahrscheinlichkeit; und *äußerst unwahrscheinlich*: 0–5 % Wahrscheinlichkeit).

[6] Mastrandrea, M.D., C.B. Field, T.F. Stocker, O. Edenhofer, K.L. Ebi, D.J. Frame, H. Held, E. Kriegler, K.J. Mach, P.R. Matschoss, G.-K. Plattner, G.W. Yohe, and F.W. Zwiers, 2010: *Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Genf, Schweiz, www.ipcc.ch.