

**Arbeitsgruppe II Beitrag zum
Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen
Vierter Sachstandsbericht**

**Klimaänderung 2007:
Auswirkungen, Anpassung, Verwundbarkeiten**

Zusammenfassung für Entscheidungsträger

Diese Version bedarf noch des Copy-editing

Autoren des Entwurfs:

Neil Adger, Pramod Aggarwal, Shardul Agrawala, Joseph Alcamo, Abdelkader Allali, Oleg Anisimov, Nigel Arnell, Michel Boko, Osvaldo Canziani, Timothy Carter, Gino Casassa, Ulisses Confalonieri, Rex Victor Cruz, Edmundo de Alba Alcaraz, William Easterling, Christopher Field, Andreas Fischlin, B. Blair Fitzharris, Carlos Gay García, Clair Hanson, Hideo Harasawa, Kevin Hennessy, Saleemul Huq, Roger Jones, Lucka Kajfež Bogataj, David Karoly, Richard Klein, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lal, Rodel Lasco, Geoff Love, Xianfu Lu, Graciela Magrín, Luis José Mata, Roger McLean, Bettina Menne, Guy Midgley, Nobuo Mimura, Monirul Qader Mirza, José Moreno, Linda Mortsch, Isabelle Niang-Diop, Robert Nicholls, Béla Nováky, Leonard Nurse, Anthony Nyong, Michael Oppenheimer, Jean Palutikof, Martin Parry, Anand Patwardhan, Patricia Romero Lankao, Cynthia Rosenzweig, Stephen Schneider, Serguei Semenov, Joel Smith, John Stone, Jean-Pascal van Ypersele, David Vaughan, Coleen Vogel, Thomas Wilbanks, Poh Poh Wong, Shaohong Wu, Gary Yohe

A. Einführung

Die vorliegende Zusammenfassung legt die wichtigsten politisch relevanten Erkenntnisse des Vierten Sachstandsberichts (AR4) der Arbeitsgruppe II des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) dar.

Der Bericht spiegelt den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand zu den Auswirkungen von Klimaänderungen auf natürliche, bewirtschaftete und menschliche Systeme, ihrer Anpassungsfähigkeit und ihrer Verwundbarkeit¹ wider. Er baut auf früheren Bewertungen des IPCC auf und integriert die seit dem Dritten Sachstandsbericht (TAR) neu gewonnenen Erkenntnisse.

Die in dieser Zusammenfassung getroffenen Aussagen stützen sich auf Kapitel des Sachstandsberichts. Die wichtigsten Quellen sind am Ende jedes Absatzes angegeben².

B. Derzeitiger Kenntnisstand über beobachtete Auswirkungen von Klimaänderungen auf die natürliche und menschliche Umwelt

Eine umfassende Betrachtung der beobachteten Klimaänderungen ist im Vierten Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe I des IPCC berücksichtigt. Der hier vorliegende Teil der Zusammenfassung der Arbeitsgruppe II befasst sich mit dem Zusammenhang zwischen den beobachteten Klimaänderungen und den neuesten beobachteten Veränderungen in der natürlichen und menschlichen Umwelt.

Die hier vorliegenden Aussagen basieren größtenteils auf Datensätzen, die den Zeitraum seit 1970 erfassen. Die Anzahl der Studien, die beobachtete Trends in der physikalischen und biologischen Umwelt in ihrer Beziehung zu regionalen Klimaänderungen untersuchten, ist seit dem Dritten Sachstandsbericht im Jahr 2001 erheblich gestiegen, ebenso die Qualität der Datenbestände. Jedoch sind Daten und Literatur über beobachtete Veränderungen geografisch bei weitem nicht ausgewogen – es bestehen beträchtliche Lücken, vor allem in den Entwicklungsländern.

Jüngste Studien haben ein, im Vergleich zum Dritten Sachstandsbericht, breiteres und höheres Maß an Vertrauen bei der Bewertung des Zusammenhangs zwischen beobachteter Erwärmung und Auswirkungen ermöglicht. Der Dritte Sachstandsbericht kam zu dem Schluss, dass „mit hohem Vertrauen³ regionale Temperaturveränderungen der jüngeren Vergangenheit erkennbare Auswirkungen auf zahlreiche physikalische und biologische Systeme hatten“.

Aus der aktuellen Bewertung schließen wir Folgendes:

Beobachtungen von allen Kontinenten und den meisten Ozeanen zeigen, dass zahlreiche natürliche Systeme von regionalen Klimaänderungen – vor allem von Temperaturerhöhungen – betroffen sind.

¹ Siehe Kasten 1 am Ende dieser Zusammenfassung für Definitionen.

² Die Quellen zu den Aussagen sind in eckigen Klammern angeführt. [3.3] verweist z.B. auf Kapitel 3, Abschnitt

3. Quellenbezeichnungen: Abb. = Abbildung, T = Tabelle, K = Kasten und ES = Executive Summary

³ Siehe Kasten 2 am Ende dieser Zusammenfassung.

Hinsichtlich der Veränderungen von Eis, Schnee und gefrorenem Boden (inklusive Permafrost)⁴, besteht hohes Vertrauen darin, dass natürliche Systeme betroffen sind. Beispiele dafür sind:

- Vergrößerung und vermehrte Anzahl von Gletscherseen [1.3];
- Erhöhte Instabilität des Bodens in Permafrostgebieten sowie Bergstürze in Gebirgsregionen [1.3];
- Veränderungen einiger arktischer und antarktischer Ökosysteme, einschließlich Veränderungen von Meereisbiomen sowie bei Raubtieren an der Spitze der Nahrungskette [1.3, 4.4, 15.4].

Eine wachsende Anzahl von Hinweisen hat zu einem hohen Vertrauen geführt, dass weltweit folgende Auswirkungen in hydrologischen Systemen eintreten:

- Erhöhter Abfluss und früher eintretende Abflusshöchstmengen im Frühling bei zahlreichen von Gletschern und Schnee gespeisten Flüssen [1.3];
- Erwärmung von Seen und Flüssen in vielen Regionen mit Auswirkungen auf die thermische Struktur und die Wasserqualität [1.3].

Eine größere Zahl von Hinweisen über ein breiteres Spektrum von Arten hat zu einem sehr hohen Vertrauen geführt, dass terrestrische biologische Systeme von der jüngsten Erwärmung stark betroffen sind – einschließlich von Veränderungen wie:

- Früheres Eintreten von Frühlingsereignissen wie z. B. Blattentfaltung, Vogelzug und Eiablage [1.3];
- Verschiebung der geografischen Verbreitungsgebiete von Pflanzen- und Tierarten polwärts und in höhere Lagen [1.3, 8.2, 14.2].

Satellitenbeobachtungen seit den frühen 1980er-Jahren haben zu einem hohen Vertrauen geführt, dass in vielen Gebieten aufgrund der jüngsten Erwärmung ein Trend zum früheren „Ergrünen“⁵ der Vegetation im Frühling – in Verbindung mit längeren thermischen Vegetationsperioden – stattgefunden hat [1.3, 14.2].

Umfangreiche neue Hinweise haben zu einem hohen Vertrauen geführt, dass zwischen den in biologischen Meer- und Süßwassersystemen beobachteten Veränderungen und den ansteigenden Wassertemperaturen – sowie den damit verbundenen Veränderungen der Eisdecke, Salz- und Sauerstoffgehalte und der ozeanischen Zirkulation – ein Zusammenhang besteht [1.3]. Diese Veränderungen beinhalten:

- Verschiebungen geografischer Verbreitungsgebiete sowie Veränderungen des Auftretens von Algen, Plankton und Fischen in den Ozeanen der hohen Breiten [1.3];
- Zunahme der Algen- und Zooplanktonmengen in höher gelegenen Seen sowie in Seen der hohen Breiten [1.3];
- Veränderungen der Verbreitungsgebiete und frühzeitigere Wanderungen von Fischen in den Flüssen [1.3].

⁴ Siehe IPCC-Arbeitsgruppe I, Vierter Sachstandsbericht

⁵ Gemessen am Vegetationsindex der normalisierten Differenz, welcher ein relatives Maß für das Grün der Vegetation auf Satellitenbildern darstellt.

Eine globale Bewertung der Daten seit 1970 hat gezeigt, dass es wahrscheinlich⁶ ist, dass die anthropogene Erwärmung bereits einen erkennbaren Einfluss auf viele physikalische und biologische Systeme hatte.

Die Aufnahme von anthropogenem Kohlenstoff seit 1750 hat – bei einer durchschnittlichen Abnahme des pH-Gehalts von 0,1 Einheiten [IPCC-Arbeitsgruppe I, Vierter Sachstandsbericht] – zu einer zunehmenden Versauerung des Ozeans geführt. Auswirkungen der beobachteten Versauerung der Ozeane auf die Meeresbiosphäre sind bis jetzt jedoch noch nicht dokumentiert [1.3].

In den letzten fünf Jahren haben sich die Hinweise darauf verdichtet, dass zwischen den Veränderungen in zahlreichen physikalischen und biologischen Systemen und der anthropogenen Erwärmung ein Zusammenhang besteht. Diese Schlussfolgerung wird – bei gemeinsamer Betrachtung – von vier Gruppen von Hinweisen unterstützt:

1. Der Vierte Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe I kam zu dem Schluss, dass der größte Teil des seit Mitte des 20. Jahrhunderts beobachteten Anstiegs der globalen mittleren Temperatur sehr wahrscheinlich auf den beobachteten Anstieg der anthropogenen Treibhausgaskonzentrationen zurückzuführen ist.
2. Über 29.000 durch Beobachtung erhobene Datenreihen⁷ aus 75 Studien zeigen eine signifikante Veränderung in zahlreichen physikalischen und biologischen Systemen. Hiervon stehen mehr als 89 % im Einklang mit dem Trend, der als Reaktion auf die Erwärmung zu erwarten war (Abbildung SPM.1.) [1.4].
3. Eine globale Synthese der Studien in der vorliegenden Bewertung zeigt deutlich: Es ist sehr unwahrscheinlich, dass die weltweite räumliche Übereinstimmung zwischen Regionen mit signifikanter regionaler Erwärmung und Orten mit beobachteten signifikanten mit der Erwärmung im Einklang stehenden Veränderungen vieler Systeme allein auf die natürliche Variabilität der Temperatur oder auf die natürliche Variabilität der Systeme zurückzuführen ist (Abbildung SPM.1.) [1.4].
4. Schlussendlich liegen mehrere Modellstudien vor, die zwischen den Reaktionen in einigen physikalischen und biologischen Systemen und der anthropogenen Erwärmung einen Zusammenhang hergestellt haben. Dabei wurden die in diesen Systemen beobachteten Veränderungen mit modellierten Reaktionen verglichen, in denen die natürlichen Antriebe (durch Sonnenaktivität und Vulkane) und die anthropogenen Antriebe (Treibhausgase und Aerosole) ausdrücklich getrennt gehalten wurden. Modelle, in denen die natürlichen und anthropogenen Antriebe gemeinsam berücksichtigt sind, simulieren die beobachteten Reaktionen signifikant besser als Modelle, in denen nur die natürlichen Antriebe Beachtung finden [1.4].

Eine vollständigere Zuordnung der Ursachen für beobachtete Reaktionen der Systeme auf die anthropogene Erwärmung ist aufgrund bestehender Einschränkungen und Lücken nicht möglich. Erstens sind die verfügbaren Analysen im Hinblick auf die Zahl der Systeme und Standorte begrenzt. Zweitens ist die natürliche Variabilität der Temperatur auf regionaler

⁶ Siehe Kasten 2 am Ende dieser Zusammenfassung

⁷ Von etwa 80.000 Datenreihen aus 577 Studien wurde ein Teilsatz von etwa 29.000 Datenreihen ausgewählt. Diese entsprachen folgenden Kriterien: (1) 1990 oder später endend; (2) einen Zeitraum von mindestens 20 Jahren umspannend und (3) eine signifikante Veränderung in die eine oder andere Richtung aufweisend, wie in Einzelstudien untersucht.

Ebene höher als auf globaler Ebene, was die Feststellung von Veränderungen aufgrund äußerer Antriebe erschwert. Zusätzlich sind auf regionaler Ebene weitere Faktoren (wie etwa Landnutzungsänderungen, Verschmutzung und eingewanderte Arten) von Einfluss [1.4].

Dennoch ist die Konsistenz zwischen den beobachteten und den in mehreren Studien modellierten Veränderungen und die räumliche Übereinstimmung zwischen signifikanter regionaler Erwärmung und entsprechender Auswirkungen auf globaler Ebene ausreichend, um mit einem hohen Vertrauen darauf zu schließen, dass die anthropogene Erwärmung in den letzten drei Jahrzehnten einen erkennbaren Einfluss auf viele physikalische und biologische Systeme hatte. [1.4]

Weitere Auswirkungen regionaler Klimaänderungen auf die natürliche und menschliche Umwelt zeichnen sich ab, obwohl sie durch Anpassung und nicht-klimatische Antriebselemente schwieriger zu erkennen sind.

Folgende Auswirkungen von Temperaturerhöhungen wurden dokumentiert (mittleres Vertrauen):

- Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft in den hohen Breiten der nördlichen Hemisphäre, wie frühere Frühjahrsaussaat von Getreide sowie Veränderungen der Störungssysteme von Wäldern infolge von Bränden und Schädlingsbefall [1.3];
- Einige Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, wie hitzebedingte Sterblichkeit in Europa, Übertragung von Infektionskrankheiten in einigen Gebieten und allergene Pollen in den hohen und mittleren Breiten der nördlichen Hemisphäre [1.3, 8.2, 8.ES];
- Einige menschliche Tätigkeiten in der Arktis (z. B. Jagd und Verkehr über Schnee und Eis) und in tiefer liegenden alpinen Gebieten (z. B. Berg- und Wintersport) [1.3].

Die jüngsten Klimaänderungen und -schwankungen beginnen sich auf zahlreiche andere natürliche und menschliche Systeme auszuwirken. Der veröffentlichten Literatur zufolge haben sich diese Auswirkungen jedoch noch nicht als Trends etabliert. Folgende Beispiele sind hierfür anzuführen:

- Für Siedlungen in Gebirgsregionen besteht – infolge des Abschmelzens der Gletscher – ein erhöhtes Risiko durch Fluten nach Gletscherseeausbrüchen. In einigen Gebieten haben Regierungsinstitutionen damit begonnen, mit dem Bau von Dämmen und Abflussanlagen darauf zu reagieren [1.3].
- Im Sahelgebiet Afrikas haben wärmere und trockenere Bedingungen zu einer Verkürzung der Vegetationszeiten geführt, mit nachteiligen Auswirkungen auf die Ernte. Im südlichen Afrika sind längere Trockenperioden und größere Unsicherheit bezüglich der Regenfälle Anlass zu Anpassungsmaßnahmen [1.3].
- In zahlreichen Gebieten tragen der Anstieg des Meeresspiegels und die menschliche Entwicklung gemeinsam zu Verlusten von Küstenfeuchtgebieten und Mangroven sowie in zahlreichen Gebieten zu zunehmenden Schäden infolge von Küstenüberflutungen bei [1.3].

Veränderungen in physikalischen und biologischen Systemen sowie der Oberflächentemperatur 1970-2004

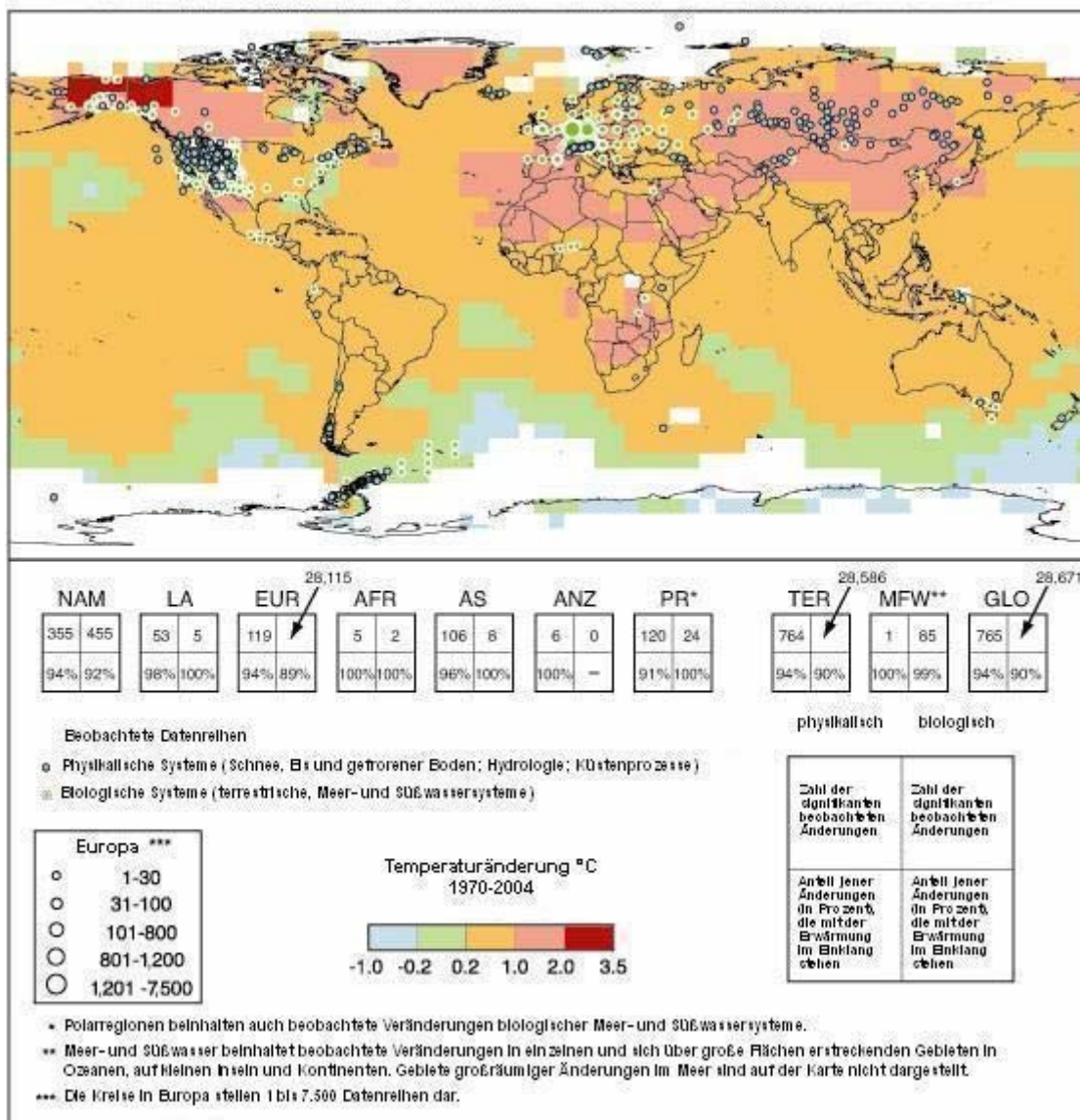


Abbildung SPM.1. Gemeinsame Darstellung der örtlichen Lage signifikanter Veränderungen bei den Datenreihen physikalischer Systeme (Schnee, Eis, gefrorener Boden; Hydrologie; und Küstenprozesse) und biologischer Systeme (terrestrische, Meer- und Süßwassersysteme) und Veränderungen der Oberflächentemperaturen im Zeitraum 1970-2004. Von etwa 80.000 Datenreihen aus 577 Studien wurde ein Teilsatz von ungefähr 29.000 Datenreihen ausgewählt. Diese Datenreihen entsprachen folgenden Kriterien: (1) 1990 oder später endend; (2) einen Zeitraum von mindestens 20 Jahren umfassend und (3) eine signifikante Veränderung in die eine oder andere Richtung aufweisend, wie in Einzelstudien festgestellt. Diese Datenreihen sind etwa 75 Studien entnommen (von denen ~70 seit dem dritten Sachstandsbericht neu sind) und beinhalten etwa 29.000 Datenreihen, von denen etwa 28.000 aus europäischen Studien stammen. Für die weiß markierten Regionen sind die klimatischen Beobachtungsdaten nicht ausreichend, um einen Temperaturtrend abschätzen zu können. Die 2 x 2 Kästen zeigen die Gesamtzahl der Datenreihen mit signifikanten Veränderungen (obere Zeile) und den Anteil jener Änderungen (in Prozent), die mit der Erwärmung im Einklang stehen (untere Zeile) für (i) kontinentale Gebiete: Nordamerika (NAM), Lateinamerika (LA),

Europa (EUR), Afrika (AFR), Asien (AS), Australien und Neuseeland (ANZ) und die Polarregionen (PR) sowie (ii) auf globaler Ebene: terrestrisch (TER), Meer- und Süßwasser [*Marine and Freshwater* (MFW)] und global (GLO). Die Zahlen der Studien in den sieben Regional-Kästen (NAM, ..., PR) entsprechen in der Summe nicht den Endsummen auf globaler Ebene (GLO), weil die Zahlen für die Regionen – außer für die Polarregionen – die Zahlen für Meer- und Süßwassersysteme (MFR) nicht mit einschließen. Gebiete großräumiger Änderungen im Meer sind auf der Karte nicht dargestellt [Arbeitsgruppe II, Vierter Sachstandsbericht Abb.1.8, Abb.1.9; Arbeitsgruppe I, Vierter Sachstandsbericht Abb.3.9b].

C. Derzeitiger Kenntnisstand über künftige Auswirkungen

Im Folgenden wird eine Auswahl der wesentlichsten Erkenntnisse bezüglich der projizierten Auswirkungen für die vom IPCC für dieses Jahrhundert⁸ prognostizierte – und für den Menschen und die Umwelt als relevant erachtete⁹ - Bandbreite (ungemilderter) Klimaänderungen dargestellt und einige Erkenntnisse über Verwundbarkeiten und Anpassungsstrategien in jedem System, Sektor und in jeder Region festgehalten. Die Auswirkungen spiegeln häufig – neben Änderungen der Temperatur, des Meeresspiegels und der atmosphärischen Kohlendioxidkonzentrationen – prognostizierte Niederschlagsänderungen und andere Klimavariablen wider. Das Ausmaß und der Zeitpunkt der Auswirkungen werden je nach Umfang und Zeitpunkt der Klimaänderung sowie – in manchen Fällen – je nach Anpassungsfähigkeit variieren. Diese Fragen werden in späteren Abschnitten dieser Zusammenfassung vertieft.

Genauere Informationen bezüglich der Art zukünftiger Auswirkungen sind nun für eine breite Palette von Systemen und Sektoren – einschließlich einiger Bereiche, die in früheren Bewertungen nicht erfasst waren – verfügbar.

Süßwasserressourcen und ihre Bewirtschaftung

Bis zur Mitte des Jahrhunderts wird der mittlere Jahresabfluss in Flüssen und die Wasserverfügbarkeit in hohen Breiten und einigen feuchten Tropengebieten ein Anstieg von 10-40 % projiziert, für einige trockene Gebiete in den mittleren Breiten sowie für trockene Tropengebiete, die derzeit unter Wassermangel leiden, hingegen eine Abnahme um 10-30%. An einigen Orten und während bestimmter Jahreszeiten weichen die Veränderungen von diesen jährlichen Zahlenangaben ab. ** E¹⁰ [3.4]

Es ist wahrscheinlich, dass sich von Dürre betroffene Gebiete flächenmäßig ausdehnen. Schwere Niederschlagsereignisse, bei denen eine Häufigkeitszunahme sehr wahrscheinlich

⁸ Temperaturänderungen werden als Differenz zum Zeitraum 1980-1999 ausgedrückt. Um diese in Bezug zum Zeitraum 1850-1899 zu setzen, müssen 0,5 °C addiert werden.

⁹ Auswahlkriterien: Ausmaß und Zeitpunkt der Auswirkung, Vertrauen in die Bewertung, repräsentative Erfassung des Systems, Sektors und der Region.

¹⁰ Im Text unter Abschnitt C werden folgende Begriffe verwendet:

Verhältnis zum Dritten Sachstandsbericht (TAR):

E Weiterentwicklung einer Schlussfolgerung aus dem Dritten Sachstandsbericht

N Neue Schlussfolgerung, im Dritten Sachstandsbericht nicht enthalten

Vertrauensniveau für die Aussage insgesamt:

*** Sehr hohes Vertrauen

** Hohes Vertrauen

* Mittleres Vertrauen

ist, werden das Überschwemmungsrisiko erhöhen. ** N [Arbeitsgruppe I, Vierter Sachstandsbericht, Tabelle SPM.2.; Arbeitsgruppe II, Vierter Sachstandsbericht 3.4]

Für den Verlauf dieses Jahrhunderts wird für die in Gletschern und Schneedecken gespeicherten Wassermengen ein Rückgang projiziert. Dadurch nimmt die Wasserverfügbarkeit in Regionen, die vom Schmelzwasser der großen Gebirgsketten versorgt werden und in denen derzeit mehr als ein Sechstel der Weltbevölkerung lebt, ab. ** N [3.4]

In einigen Ländern und Regionen, welche die hydrologischen Veränderungen und damit verbundene Unsicherheiten erkannt haben, werden Anpassungsmaßnahmen und Praktiken für ein Risikomanagement im Wassersektor entwickelt. *** N [3.6]

Ökosysteme

Es ist wahrscheinlich, dass die Widerstandsfähigkeit zahlreicher Ökosysteme in diesem Jahrhundert aufgrund einer noch nie da gewesenen Kombination von Klimaänderung, damit verbundenen Störungen (z.B. Überschwemmungen, Dürre, Flächenbrände, Insekten, Ozeanversauerung) und anderen Antriebselementen des globalen Wandels (z.B. Landnutzungsänderungen, Verschmutzung, Übernutzung von Ressourcen) überschritten wird. ** N [4.1 bis 4.6]

Die Nettoaufnahme von Kohlenstoff durch terrestrische Ökosysteme wird wahrscheinlich vor der Mitte dieses Jahrhunderts einen Höchststand erreichen, anschließend schwächer werden - oder sich sogar umkehren¹¹ - und dadurch eine Verstärkung der Klimaänderung bewirken. ** N [4.ES, Abb.4.2]

Wenn der Anstieg der mittleren globalen Temperatur 1,5-2,5°C überschreitet, ist ein erhöhtes Aussterberisiko für ca. 20-30 % der bisher untersuchten Tier- und Pflanzenarten wahrscheinlich. * N [4.4, T4.1]

Bei einem Anstieg der mittleren globalen Temperatur um mehr als 1,5-2,5°C und einem gleichzeitigen Anstieg der CO₂-Konzentration in der Luft werden erhebliche Veränderungen der Struktur und Funktion von Ökosystemen sowie der ökologischen Interaktionen und geografischen Verbreitung von Arten – mit hauptsächlich negativen Folgen für die Biodiversität sowie für Güter und Leistungen der Ökosysteme wie z.B. Wasser- und Nahrungsmittelversorgung – projiziert. ** N [4.4]

Es ist zu erwarten, dass sich die fortschreitende Versauerung der Ozeane aufgrund des steigenden atmosphärischen Kohlendioxidgehalts negativ auf marine schalenbildende Lebewesen (z.B. Korallen) und die von ihnen abhängigen Arten auswirkt. *N[B4.4, 6.4]

Nahrungsmittel, Faserstoffe und Produkte des Waldes

Bei einem Anstieg der lokalen mittleren Temperatur um bis zu 1-3°C wird für das Ernteertragspotenzial in mittleren bis hohen Breiten – abhängig von der Nutzpflanze – ein leichter Anstieg, bei Temperaturen oberhalb dieser Schwelle für einige Regionen ein Rückgang projiziert. * E [5.4]

¹¹ Unter der Annahme fortgesetzter Treibhausgasemissionen mit derzeitiger oder höherer Anstiegsrate und anderen globalen Veränderungen, einschließlich Landnutzungsänderungen.

In niedrigeren Breiten, insbesondere saisonal trockenen und Tropengebieten, wird für das Ernteertragspotenzial eine Abnahme selbst bei geringem Anstieg der lokalen Temperatur (1-2°C) projiziert, was ein erhöhtes Hungerrisiko zur Folge haben würde. * E [5.4]

Global gesehen wird bei einem Anstieg der lokalen mittleren Temperatur im Bereich von 1-3°C eine Steigerung des Potenzials für die Nahrungsmittelproduktion, bei einem Anstieg darüber hinaus hingegen eine Verringerung projiziert. * E [5.4, 5.6]

Bei zunehmender Häufigkeit von Dürren und Überschwemmungen wird ein negativer Einfluss auf die Produktion vor Ort, insbesondere in den für die Existenz notwendigen Sektoren in den niedrigen Breiten, projiziert. ** E [5.4, 5.ES]

Eine Anpassung, wie etwa veränderte Sorten sowie Anpflanzungs- bzw. Aussaatzeiten, ermöglicht – bei mäßiger Erwärmung – in mittleren bis hohen Breiten, die Getreideerträge auf derzeitigem oder höherem Niveau zu halten. * N [5.5]

Global gesehen ist in der Holzproduktion bei einer Klimaänderung kurz- bis mittelfristig ein mäßiger Anstieg der wirtschaftlichen Ertragsfähigkeit – mit großen regionalen Schwankungen um den globalen Trend – zu verzeichnen. * E [5.4]

Infolge fortschreitender Erwärmung sind bei der Verbreitung und Produktion bestimmter Fischarten regionale Veränderungen – mit projizierten nachteiligen Auswirkungen für Aquakulturen und Fischereien – zu erwarten. ** E [5.4]

Küstensysteme und tief liegende Gebiete

Es wird projiziert, dass die Küsten infolge der Klimaänderung und des Anstiegs des Meeresspiegels immer größeren Risiken – einschließlich Küstenerosion – ausgesetzt sein werden. Dieser Effekt wird durch den zunehmenden Druck, den der Mensch auf die Küstengebiete ausübt, noch verschärft. *** E [6.3, 6.4]

Korallen sind durch Hitzestress verwundbar und haben eine geringe Anpassungskapazität. Bei einem Anstieg der Meeresoberflächentemperatur um ca. 1-3°C werden – sofern es bei den Korallen zu keiner Anpassung an die Erwärmung oder Akklimatisierung kommt – ein vermehrtes Eintreten von Korallenbleiche und ein großräumiges Absterben projiziert. *** E [B6.1, 6.4]

Für Küstenfeuchtgebiete – einschließlich Salzmarschen und Mangroven – werden durch den Anstieg des Meeresspiegels negative Auswirkungen projiziert, insbesondere dort, wo landeinwärts Hemmnisse bestehen oder kaum Sediment vorhanden ist. *** E [6.4]

Aufgrund des Anstiegs des Meeresspiegels wird projiziert, dass bis zu den 2080er-Jahren viele Millionen Menschen mehr pro Jahr von Überschwemmungen betroffen sein werden. Für dicht besiedelte Standorte sowie tief liegende Gebiete, in denen die Anpassungskapazität relativ gering ist und die bereits durch andere Gefahren wie etwa Tropenstürme und örtliche Absenkung der Küsten bedroht sind, ist das Risiko besonders hoch. Die Anzahl der betroffenen Menschen wird in den Großdeltas Asiens und Afrikas am höchsten sein, während die kleinen Inseln in besonderem Maße verwundbar sind. *** E [6.4]

Die Anpassung in Küstengebieten stellt für Entwicklungsländer aufgrund ihrer begrenzten Anpassungskapazität eine größere Herausforderung dar als für Industrieländer. ** E [6.4, 6.5, T6.11]

Industrie, Siedlungen und Gesellschaft

Kosten und Nutzen der Klimaänderung für Industrie, Siedlungen und Gesellschaft werden – je nach Ort und Umfang – sehr unterschiedlich ausfallen. Insgesamt betrachtet werden sich die Auswirkungen jedoch tendenziell umso negativer darstellen, je größer die Klimaänderung ausfällt. ** N [7.4, 7.6]

Am verwundbarsten sind Industrien, Siedlungen und Gesellschaften im Allgemeinen in Küsten- oder Flussschwemmgeländen sowie dort, wo die Wirtschaft eng an klimatisch sensible Ressourcen gebunden ist, aber auch in Gebieten, die für extreme Wetterereignisse anfällig sind - insbesondere dort, wo die Urbanisierung rasch voranschreitet. ** E [7.1, 7.3, 7.4, 7.5]

Arme Bevölkerungsgruppen können besonders verwundbar sein, vor allem wenn sie konzentriert in Hochrisikogebieten leben. Meist verfügen sie über eingeschränkere Anpassungskapazitäten und sind in höherem Maß abhängig von klimatisch sensiblen Ressourcen wie der örtlichen Wasser- und Nahrungsmittelversorgung. ** N [7.2, 7.4, 5.4]

Wo extreme Wetterereignisse intensiver und/oder häufiger werden, wird es zu einem Anstieg der damit verbundenen wirtschaftlichen und sozialen Kosten kommen. Dieser Anstieg wird in den am unmittelbarsten betroffenen Gebieten erheblich ausfallen. Aufgrund weit reichender und komplexer Verflechtungen wird eine Ausweitung der Auswirkungen der Klimaänderung von unmittelbar betroffenen Gebieten und Sektoren auf weitere Gebiete und Sektoren die Folge sein. ** N [7.4, 7.5]

Gesundheit

Projizierte, durch Klimaänderungen bedingte, Belastungen werden voraussichtlich den Gesundheitszustand von Millionen von Menschen – vor allem jener mit geringer Anpassungskapazität – in Mitleidenschaft ziehen, durch

- wachsende Unterernährung und Folgeerkrankungen, mit Auswirkungen auf Wachstum und Entwicklung von Kindern;
 - erhöhte Sterblichkeit sowie mehr Erkrankungen und Verletzungen aufgrund von Hitzewellen, Überschwemmungen, Stürmen, Bränden und Dürren;
 - erhöhte Belastung durch Durchfallserkrankungen;
 - vermehrte Häufigkeit von Herz- und Atemwegserkrankungen aufgrund höherer Konzentrationen von bodennahem Ozon, welche durch Klimaänderung bedingt sind, sowie
 - eine veränderte räumliche Verbreitung der Überträger einiger Infektionskrankheiten
- ** E [8.4, 8.ES, 8.2]

Die Klimaänderung wird voraussichtlich in manchen Fällen uneinheitliche Folgen haben – so z. B. eine Ab- oder Zunahme von Ausbreitungsgebieten und -möglichkeiten der Malaria in Afrika. ** E [8.4]

Studien in gemäßigten Gebieten¹² haben gezeigt, dass die Klimaänderung voraussichtlich gewisse Vorteile für die Gesundheit mit sich bringen wird, wie z.B. einen Rückgang von durch Kälte verursachten Todesfällen. Insgesamt ist zu erwarten, dass weltweit – insbesondere in den Entwicklungsländern – die negativen Effekte steigender Temperaturen auf die Gesundheit die Vorteile überwiegen. ** E [8.4]

Das Verhältnis zwischen positiven und negativen Auswirkungen für die Gesundheit wird von Ort zu Ort unterschiedlich sein und sich bei einem weiteren Temperaturanstieg im Verlauf der Zeit ändern. Faktoren, die einen direkten Einfluss auf die Gesundheit der Bevölkerung haben – wie z.B. das Bildungs- und Gesundheitswesen, die öffentliche Gesundheitsvorsorge sowie Infrastruktur und die wirtschaftliche Entwicklung – werden von entscheidender Bedeutung sein. *** N [8.3]

Genauere Informationen bezüglich der Art zukünftiger Auswirkungen sind nun quer über die Regionen der Welt – einschließlich einiger Gegenden, die in früheren Bewertungen nicht erfasst waren – verfügbar.

Afrika

Es wird projiziert, dass bis zum Jahr 2020 75 bis 250 Millionen Menschen aufgrund der Klimaänderung unter zunehmender Wasserknappheit leiden. In Verbindung mit einem erhöhten Bedarf wird sich dies negativ auf den Lebensunterhalt auswirken und zu einer Verschlimmerung wasserbedingter Probleme führen. ** E [9.4, 3.4, 8.2, 8.4]

Durch Klimaschwankungen und -änderungen werden für viele Länder und Regionen Afrikas schwerwiegende Beeinträchtigungen der landwirtschaftlichen Produktion – einschließlich des Zugangs zu Nahrungsmitteln – projiziert. Vor allem am Rande arider und semi-arider Gebiete wird die für die Landwirtschaft geeignete Fläche, ebenso wie Vegetationszeiten und das Ertragspotenzial, voraussichtlich zurückgehen. Dies würde die Nahrungsmittelsicherheit beeinträchtigen und die Unterernährung auf dem Kontinent verstärken. In einigen Ländern könnten sich die Erträge aus der vom Regen abhängigen Landwirtschaft bis 2020 um bis zu 50 % reduzieren. ** N [9.2, 9.4, 9.6]

Für die örtliche Nahrungsmittelversorgung werden – durch abnehmende Fischressourcen aufgrund steigender Wassertemperaturen in großen Seen – negative Auswirkungen projiziert, die durch fortgesetzte Überfischung noch verschlimmert werden können. ** N [9.4, 5.4, 8.4]

Gegen Ende des 21. Jahrhunderts wird der projizierte Anstieg des Meeresspiegels eine Bedrohung für tief liegende, bevölkerungsreiche Küstengebiete darstellen. Die Kosten für Anpassungsmaßnahmen könnten mindestens 5-10 % des Bruttoinlandsprodukts (BIP) betragen. Für die Mangroven und Korallenriffe werden ein weiterer Rückgang und – damit verbunden – zusätzliche Folgen für Fischerei und Tourismus projiziert. ** E [9.4]

Neue Studien belegen, dass Afrika aufgrund von Mehrfachbelastungen und niedriger Anpassungskapazität einer der verwundbarsten Kontinente gegenüber Klimaschwankungen und -änderungen ist. Zwar findet eine Anpassung an derzeitige Klimaschwankungen in gewissem Maß statt, doch dürfte diese – im Hinblick auf zukünftige Veränderungen des Klimas – unzureichend sein. ** N [9.5]

¹² Studien hauptsächlich in Industrieländern.

Asien

Als Folge der Gletscherschmelze werden im Himalaya-Gebirge für den Zeitraum der nächsten zwei bis drei Jahrzehnte vermehrt Überschwemmungen, Bergstürze an destabilisierten Hängen sowie Beeinträchtigungen der Wasserressourcen projiziert. Danach wird es durch das Zurückweichen der Gletscher zu einer Abnahme der Abflussmenge in Flüssen kommen. * N [10.2, 10.4]

In Zentral-, Süd-, Ost- sowie Südostasien wird vor allem in großen Flusseinzugsgebieten infolge der Klimaänderung ein Rückgang des verfügbaren Süßwassers projiziert, welcher sich – in Verbindung mit dem Bevölkerungszuwachs und einem aufgrund des steigenden Lebensstandards erhöhten Bedarf – bis zu den 2050er-Jahren für mehr als eine Milliarde Menschen nachteilig auswirken könnte. ** N [10.4]

Für Küstengebiete, insbesondere dicht besiedelte Regionen großer Küstendeltas in Süd-, Ost- und Südostasien, wird das Risiko für zunehmende Meeres- und – in einigen Großdeltas - Flussüberflutungen am größten sein. ** E [10.4]

Die Klimaänderung wird voraussichtlich auf die nachhaltige Entwicklung der meisten Entwicklungsländer Asiens einen Einfluss haben, da sie – in Verbindung mit rascher Urbanisierung, Industrialisierung und wirtschaftlicher Entwicklung – den Druck auf die natürlichen Ressourcen und die Umwelt zusätzlich erhöht. ** E [10.5]

Während für die Ernteerträge in Ost- und Südostasien ein möglicher Anstieg um bis zu 20 % projiziert wird, könnten Zentral- und Südasien bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts Rückgänge um bis zu 30 % zu verzeichnen haben. Bei gemeinsamer Betrachtung – und unter Berücksichtigung des Einflusses von raschem Bevölkerungswachstum und der Urbanisierung – wird das Hungerrisiko in mehreren Entwicklungsländern voraussichtlich stark erhöht bleiben. * N [10.4]

Endemische Krankheiten und Todesfälle infolge von – vorrangig in Verbindung mit Überschwemmungen und Dürren auftretenden – Durchfallserkrankungen werden in Ost-, Süd- und Südostasien aufgrund projizierter, mit der globalen Erwärmung in Verbindung stehender Änderungen des hydrologischen Kreislaufs voraussichtlich zunehmen. Eine Erhöhung der Wassertemperatur in Küstengebieten würde ein vermehrtes Auftreten und/oder eine erhöhte Toxizität der Cholera in Südasien bewirken. ** N [10.4]

Australien und Neuseeland

Die Probleme bei der Wasserversorgung in Süd- und Ostaustralien sowie in Neuseeland, im Northland und in einigen Regionen im Osten werden sich voraussichtlich bis 2030 durch abnehmende Niederschläge und vermehrte Verdunstung verstärken. ** E [11.4]

Für einige ökologisch reiche Gebiete, wie z.B. das Great Barrier Reef und die feuchten Tropengebiete von Queensland, werden signifikante Verluste der Biodiversität bis 2020 projiziert. Zu weiteren gefährdeten Gebieten zählen die Kakadu-Feuchtgebiete, Südwestaustralien, die Inseln der Subantarktis und die alpinen Bereiche in beiden Ländern. *** E [11.4]

Für Gebiete wie z.B. Cairns und Südost-Queensland (Australien) sowie für Northland bis zur Bay of Plenty (Neuseeland) werden durch die anhaltende Entwicklung an der Küste und den

Bevölkerungszuwachs bis 2050 ein erhöhtes Risiko durch Anstieg des Meeresspiegels sowie an Stärke und Häufigkeit zunehmende Stürme und Küstenüberflutungen projiziert. *** E [11.4, 11.6]

Bis zum Jahr 2030 wird die land- und forstwirtschaftliche Produktion aufgrund vermehrt auftretender Dürre und Brände in weiten Teilen Süd- und Ostaustraliens sowie in Teilen des östlichen Neuseelands voraussichtlich einen Rückgang verzeichnen. In Neuseeland hingegen werden - aufgrund längerer Vegetationszeiten, eines geringeren Frostrisikos und vermehrter Regenfälle - für die Land- und Forstwirtschaft in den westlichen und südlichen Gebieten sowie im Nahbereich von Flüssen anfängliche Vorteile projiziert. ** N [11.4]

Zwar verfügt die Region aufgrund ihrer gut entwickelten Wirtschaft und wissenschaftlichen und technischen Leistungsfähigkeit über beachtliche Anpassungskapazitäten; hinsichtlich ihrer Umsetzung bestehen jedoch erhebliche Einschränkungen. Ebenso stellen die Veränderungen extremer Ereignisse bedeutende Herausforderungen dar. Natürliche Systeme verfügen über eine begrenzte Anpassungskapazität. ** N [11.2, 11.5]

Europa

Erstmals sind nun weit reichende Auswirkungen von Veränderungen des derzeit herrschenden Klimas dokumentiert: Rückzug der Gletscher, längere Vegetationszeiten, eine Verlagerung der Verbreitungsgebiete von Arten und Auswirkungen auf die Gesundheit aufgrund einer Hitzewelle von noch nie da gewesenem Ausmaß. Die oben beschriebenen beobachteten Veränderungen stehen mit jenen, die für künftige Klimaänderungen projiziert werden, im Einklang. *** N [12.2, 12.4, 12.6]

Für nahezu alle Regionen Europas werden durch einige künftige Auswirkungen der Klimaänderung nachteilige Beeinträchtigungen erwartet, die für viele Wirtschaftssektoren Herausforderungen darstellen. In Bezug auf natürliche Ressourcen und Güter wird die Klimaänderung voraussichtlich regionale Differenzen in Europa verstärken. Zu den negativen Auswirkungen zählen ein erhöhtes Risiko durch flutartige Überschwemmungen im Landesinneren, an Häufigkeit zunehmende Küstenüberschwemmungen und eine verstärkte Erosion (durch Gewitter und Meeresspiegelanstieg). Für die überwiegende Mehrheit von Organismen und Ökosystemen wird sich eine Anpassung an den Klimawandel als schwierig erweisen. In den Gebirgsregionen wird es zu einem Rückzug der Gletscher, einem Rückgang der Schneedecke und des Wintertourismus und zu einem erheblichen Verlust der Arten (in Hochemissions-Szenarien in manchen Gebieten um bis zu 60 % bis 2080) kommen. *** E [12.4]

Für Südeuropa – eine Region, die der Klimavariabilität gegenüber bereits heute verwundbar ist – werden infolge der Klimaänderung schlechtere Bedingungen (hohe Temperaturen und Dürre), geringere Wasserverfügbarkeit und geringeres Wasserkraft-Potenzial sowie ein Rückgang des Sommertourismus und der Ernteertragsfähigkeit im Allgemeinen, aber auch ein erhöhtes Gesundheitsrisiko durch Hitzewellen sowie eine vermehrte Häufigkeit von Waldbränden projiziert. ** E [12.2, 12.4, 12.7]

Für Mittel- und Osteuropa werden abnehmende Niederschläge im Sommer und damit eine zunehmende Wasserknappheit sowie ein zunehmendes gesundheitliches Risiko als Folge von Hitzewellen projiziert. Die Ertragsfähigkeit des Waldes wird voraussichtlich ab-, die Häufigkeit von Moorbränden zunehmen. ** E [12.4]

Die für Nordeuropa projizierten Effekte der Klimaänderung werden anfänglich uneinheitlich ausfallen und auch einige Vorteile – z.B. verminderter Heizbedarf, steigende Ernteerträge und verstärktes Waldwachstum – mit sich bringen. Bei fortgesetzter Klimaänderung werden jedoch wahrscheinlich die negativen Auswirkungen (darunter häufigere winterliche Hochwässer, gefährdete Ökosysteme und anwachsende Bodeninstabilität) die Vorteile überwiegen. ** E [12.4]

Eine Anpassung an die Klimaänderung wird wahrscheinlich von Erfahrungen profitieren, die bei Reaktionen auf extreme Klimaereignisse gewonnen wurden, speziell durch die Umsetzung von Anpassungsplänen für ein proaktives Klimaänderungs-Risikomanagement. *** N [12.5]

Lateinamerika

Bei einem Anstieg der Temperatur und einer damit verbundenen Abnahme der Bodenfeuchtigkeit wird im östlichen Amazonien bis zur Mitte des Jahrhunderts eine allmähliche Umwandlung tropischer Wälder in Savannen projiziert. Die semi-aride Vegetation wird tendenziell einer ariden Bodenvegetation weichen. Infolge des Aussterbens von Arten besteht für viele tropische Gebiete Lateinamerikas das Risiko eines signifikanten Biodiversitätsverlusts. ** E [13.4]

In trockeneren Gebieten führt die Klimaänderung voraussichtlich zu Versalzung und Wüstenbildung von landwirtschaftlich genutzten Flächen. Für die Ertragsfähigkeit einiger wichtiger Nutzpflanzen, ebenso wie für die Produktivität in der Viehhaltung, wird ein Rückgang mit ungünstigen Folgen für die Nahrungsmittelsicherheit projiziert. In den gemäßigten Zonen wird ein Anstieg der Erträge von Sojabohnen projiziert. ** N [13.4, 13.7]

Für tief liegende Gebiete wird auf Grund des Anstiegs des Meeresspiegels ein erhöhtes Risiko durch Überschwemmungen projiziert. Infolge des Anstiegs der Meeresoberflächentemperatur, welche durch die Klimaänderung bedingt ist, werden nachteilige Auswirkungen auf die mittelamerikanischen Korallenriffe sowie örtliche Verlagerungen des südostpazifischen Fischbestands projiziert. ** N [13.4, 13.7]

Für die Verfügbarkeit von Wasser für den menschlichen Verbrauch sowie für Landwirtschaft und Energieerzeugung werden signifikante Beeinträchtigungen durch veränderte Niederschlagsmuster und das Verschwinden von Gletschern projiziert. ** E [13.4]

Einige Länder haben Anstrengungen zur Anpassung unternommen, insbesondere im Hinblick auf den Schutz von Schlüsselökosystemen, Frühwarnsysteme, Risikomanagement in der Landwirtschaft, Strategien zum Überschwemmungs-, Dürre- und Küstenmanagement und Krankheitsüberwachungssysteme. Allerdings wird die Wirksamkeit dieser Bemühungen u.a. durch folgende Mängel aufgewogen: das Fehlen grundlegender Informations-, Beobachtungs- und Monitoringsysteme; das Fehlen von Kompetenzaufbau sowie von geeigneten politischen, institutionellen und technologischen Rahmenbedingungen; durch niedriges Einkommen und durch Ansiedelung in verwundbaren Gebieten. ** E [13.2]

Nordamerika

Durch die Erwärmung im westlichen Gebirge wird eine Verringerung der Schneedecke, eine Zunahme der Überschwemmungen im Winter sowie ein Rückgang der sommerlichen Abflussmengen und dadurch eine Verschärfung des Wettbewerbs um übernutzte Wasserressourcen projiziert. *** E [14.4, B14.2]

Für die Wälder werden in zunehmendem Maß Störungen durch Schädlinge, Krankheiten und Brände sowie ein, über einen längeren Zeitraum hinausgehendes, hohes Brandrisiko und eine starke Zunahme verbrannter Flächen projiziert. *** N [14.4, B14.1]

Für die vom Regen abhängige Landwirtschaft wird infolge einer mäßigen Klimaänderung in den ersten Jahrzehnten zu Beginn des Jahrhunderts ein Anstieg der Gesamterträge um 5-20 % projiziert – allerdings mit erheblichen Schwankungen zwischen den Regionen. Für Nutzpflanzen, die bereits in der Nähe des warmen Endes ihrer entsprechenden Verbreitungsgebiete liegen oder von stark genutzten Wasserressourcen abhängen, werden sich bedeutende Herausforderungen ergeben. ** E [14.4]

Städte, die bereits jetzt Hitzewellen zu verzeichnen haben, werden solchen im Laufe des Jahrhunderts voraussichtlich in vermehrtem, intensiverem und länger anhaltendem Ausmaß ausgesetzt sein, ebenso wie den damit verbundenen gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Der Anteil der älteren Bevölkerung ist hiervon am stärksten betroffen. *** E [14.4]

Bevölkerung und Lebensräume in den Küstengebieten werden durch die Auswirkungen der Klimaänderung – zusammen mit Einflüssen von Entwicklung und Verschmutzung – in zunehmendem Maße belastet werden. Der Bevölkerungszuwachs und der steigende Wert der Infrastruktur in Küstengebieten erhöhen die Verwundbarkeit gegenüber Klimaschwankungen und zukünftigen Klimaänderungen – mit einem absehbaren Anstieg an Verlusten, wenn die Tropenstürme an Intensität zunehmen. Die gegenwärtigen Anpassungsmaßnahmen sind uneinheitlich und die Bereitschaft in Bezug auf die wachsende Gefährdung ist gering. *** N [14.2, 14.4]

Polarregionen

Zu den wesentlichen projizierten biophysikalischen Auswirkungen in den Polarregionen zählen der Rückgang der Dicke und Ausdehnung von Gletschern und Eisschilden sowie Veränderungen natürlicher Ökosysteme mit nachteiligen Auswirkungen für zahlreiche Organismen, wie z.B. Wandervögel, Säugetiere und Raubtiere an der Spitze der Nahrungskette. Zu den zusätzlichen Auswirkungen in der Arktis zählen Rückgänge in der Ausdehnung von Meereis- und Permafrostflächen, zunehmende Küstenerosion und der Anstieg der saisonalen Tautiefe in Permafrostregionen. ** E [15.3, 15.4, 15.2]

Die für menschliche Gemeinschaften in der Arktis projizierten Auswirkungen – insbesondere infolge veränderter Bedingungen von Schnee und Eis – werden unterschiedlich ausfallen. Zu den nachteiligen Auswirkungen wären Folgen für die Infrastruktur sowie für die traditionelle indigene Lebensweise zu zählen. ** E [15.4]

Zu den vorteilhaften Auswirkungen wären niedrigere Heizkosten und eine bessere Schiffbarkeit der nördlichen Meeresrouten zu zählen. * E [15.4]

Für beide Polarregionen zeigen die Projektionen eine Verwundbarkeit spezifischer Ökosysteme und Lebensräume durch das Eindringen von Arten infolge niedrigerer klimatischer Barrieren. ** E [15.6, 15.4]

Menschliche Gemeinschaften in der Arktis passen sich bereits an die Klimaänderung an, doch stellen externe wie auch interne Belastungsfaktoren eine Herausforderung ihrer Anpassungskapazität dar. Trotz der historisch erwiesenen Belastbarkeit indigener

Bevölkerungsgruppen der Arktis sind nunmehr einige traditionelle Lebensweisen gefährdet und beträchtliche Investitionen zur Anpassung oder Umsiedlung von materiellen Bauten und Bevölkerungsgruppen erforderlich. ** E [15.ES; 15.4, 15.5, 15.7]

Kleine Inseln

Kleine Inseln, sowohl in den Tropen als auch in höheren Breiten, sind aufgrund ihrer Merkmale den Folgen der Klimaänderung, dem Anstieg des Meeresspiegels und extremen Ereignissen gegenüber besonders verwundbar. *** E [16.1, 16.5]

Die beispielsweise durch Erosion der Strände sowie Korallenbleiche hervorgerufene Verschlechterung des Küstenzustandes wird voraussichtlich eine Beeinträchtigung örtlicher Ressourcen, wie z.B. der Fischerei, zur Folge haben und die Attraktivität dieser Ziele für den Tourismus verringern. ** E [16.4]

Der Anstieg des Meeresspiegels wird voraussichtlich zu einer Verstärkung von Überschwemmungen, Sturmfluten, Erosion und anderen Küstengefahren führen und dadurch die lebensnotwendige Infrastruktur sowie Siedlungen und Einrichtungen, die dem Lebensunterhalt der Inselbevölkerung zugrunde liegen, gefährden. *** E [16.4]

Die Projektionen für zahlreiche kleine Inseln – z.B. in der Karibik und im Pazifik – zeigen, dass die Wasserressourcen durch die Klimaänderung bis zur Mitte des Jahrhunderts auf eine Menge verringert werden, die nicht ausreicht, um den Bedarf in Zeiten geringer Regenfälle zu decken. *** E [16.4]

Mit höheren Temperaturen wird voraussichtlich eine vermehrte Einwanderung nicht-heimischer Arten auftreten, vor allem auf den Inseln der mittleren und hohen Breiten. ** N [16.4]

Die Ausmaße dieser Auswirkungen können nun für verschiedene mögliche Anstiege der mittleren globalen Temperatur systematischer abgeschätzt werden.

Seit dem Dritten IPCC-Sachstandsbericht haben viele zusätzliche Studien, insbesondere in zuvor wenig erforschten Regionen, zu einem systematischeren Verständnis dafür geführt, wie Zeitpunkt und Ausmaß der Auswirkungen von Änderungen des Klimas und des Meeresspiegels – welche wiederum mit Änderungen der globalen Durchschnittstemperatur unterschiedlichen Ausmaßes und unterschiedlicher Geschwindigkeit in Zusammenhang stehen – beeinflusst werden können.

Beispiele für diese neuen Erkenntnisse sind in Abbildung SPM.2. dargestellt. Die ausgewählten Einträge sind solche, die für Mensch und Umwelt als relevant erachtet wurden und für die ein hohes Vertrauen in deren Bewertung besteht. Alle Einträge über die Auswirkungen sind Kapiteln des Sachstandsberichts entnommen, in denen nähere Erläuterungen enthalten sind.

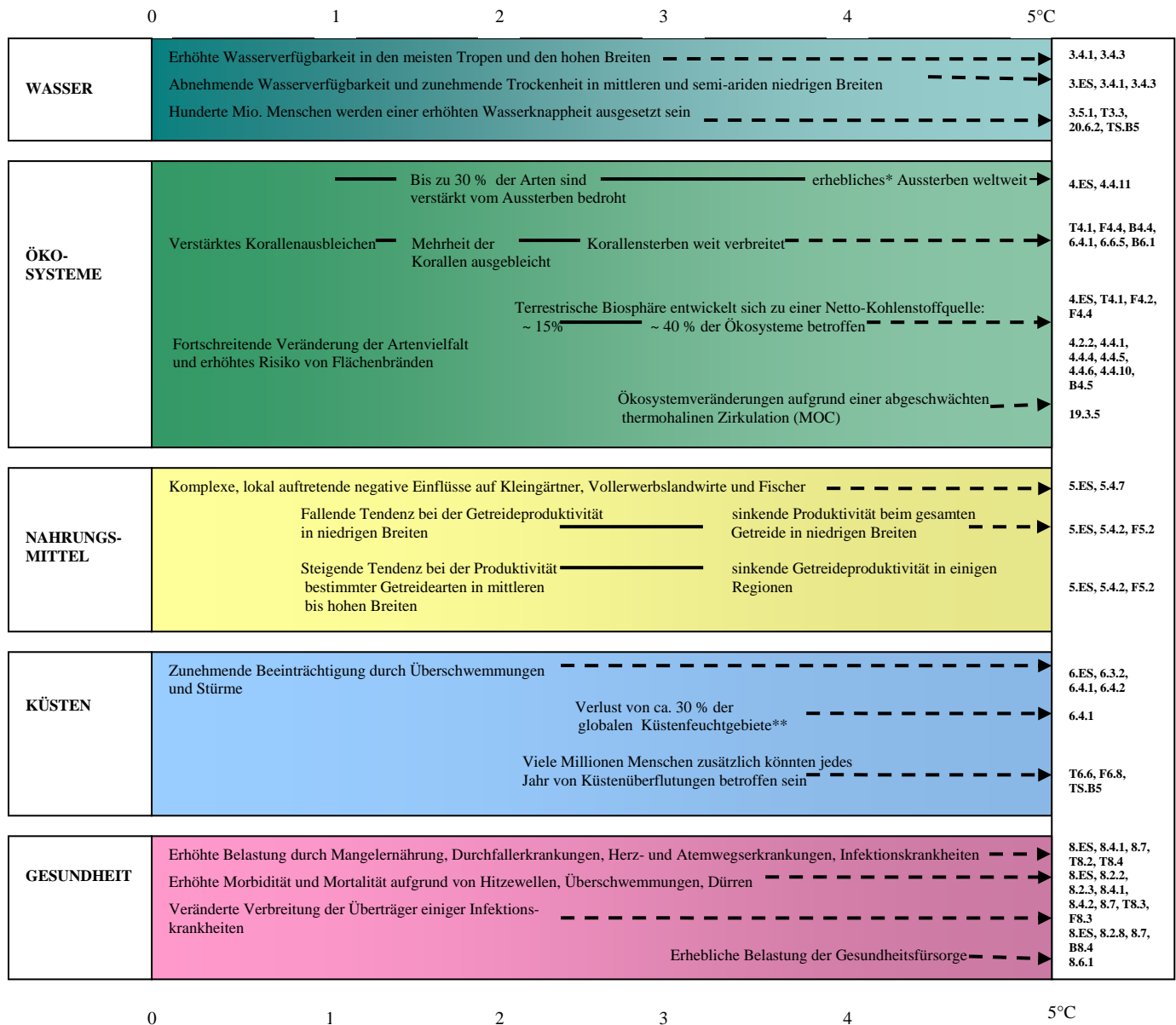
Basierend auf einer Reihe von Kriterien in der Literatur (Ausmaß, Zeitpunkt, Fortdauer/Umkehrbarkeit, Anpassungspotenzial, Aspekte der Verbreitung, Wahrscheinlichkeit und „Bedeutung“ der Auswirkungen) konnten – je nach Sachlage – einige dieser Auswirkungen mit Haupt-Verwundbarkeiten assoziiert werden. Eine Bewertung solcher potenzieller Haupt-Verwundbarkeiten soll Informationen über Geschwindigkeit und

Grad der Klimaänderung liefern und den Entscheidungsträgern helfen, auf Gefahren der Klimaänderung angemessen zu reagieren. [19.ES, 19.1]

Die im Dritten Sachstandsbericht festgehaltenen „Gründe zur Besorgnis“ bilden einen nach wie vor gültigen Rahmen bei der Berücksichtigung von Haupt-Verwundbarkeiten. Die Erkenntnisse des Dritten Sachstandsberichts wurden durch neu durchgeführte Forschungsarbeiten aktualisiert. [19.3]

Haupt-Auswirkungen als Funktion zunehmender Veränderungen der mittleren globalen Temperatur (die Auswirkungen werden, je nach Ausmaß der Anpassung, Geschwindigkeit der Temperaturänderung und sozioökonomischem Pfad, unterschiedlich sein)

Veränderung der globalen mittleren Jahrestemperatur, bezogen auf 1980-1999 (°C)



Veränderung der globalen mittleren Jahrestemperatur, bezogen auf 1980-1999 (°C)

~
 * Erheblich wird hier definiert als mehr als 40%.
 ** Auf Basis der durchschnittlichen Rate des Meeresspiegelanstiegs von 4,2 mm/Jahr von 2000 - 2080.

Abbildung SPM.2. Illustrative Beispiele für projizierte globale Auswirkungen von Klimaänderungen (und, falls relevant, von Meeresspiegel und atmosphärischem Kohlendioxid), in Verbindung mit Anstiegen der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur unterschiedlichen Ausmaßes im 21. Jahrhundert [T20.8]. Die schwarzen Linien verbinden die Auswirkungen untereinander, die gestrichelten Pfeile zeigen die bei steigender Temperatur fortgesetzten Auswirkungen. Die Einträge sind so platziert, dass die linke Seite des Textes den ungefähren Beginn einer Auswirkung angibt. Mengenmäßige Einträge bezüglich Wasserknappheit und Überschwemmungen stellen

zusätzliche Auswirkungen der Klimaänderung dar, und zwar in Bezug auf die innerhalb der Bandbreite der SRES-Szenarien (A1F1, A2, B1 und B2; siehe Kasten 3 am Ende dieser Zusammenfassung) projizierten Bedingungen. Maßnahmen zur Anpassung an die Klimaänderung sind in diesen Abschätzungen nicht enthalten. Alle Einträge sind veröffentlichten Studien entnommen, die in den Kapiteln des Sachstandsberichts verzeichnet sind. Die Quellenangaben befinden sich in der Spalte rechts von der Tabelle. Für alle Aussagen besteht ein hohes Vertrauensniveau.

Die Auswirkungen werden sich sehr wahrscheinlich durch geänderte Häufigkeiten und Intensitäten von extremen Wetter-, Klima und Meeresspiegelereignissen, verändern.

Seit dem Dritten Sachstandsbericht des IPCC hat das Vertrauen zugenommen, dass einige Wetterereignisse und -extreme im Laufe des 21. Jahrhunderts häufiger, ausgedehnter und/oder intensiver werden; außerdem weiß man besser über die potenziellen Effekte solcher Änderungen Bescheid. Eine Auswahl dieser Auswirkungen ist in Tabelle SPM.1. dargestellt.

Die Richtung von Trends und Wahrscheinlichkeit der Phänomene beziehen sich auf IPCC-SRES Projektionen der Klimaänderung.

Einige großskalige Klimaereignisse haben das Potenzial sehr umfangreiche Auswirkungen zu verursachen, insbesondere nach dem 21. Jahrhundert.

Sehr starke Anstiege des Meeresspiegels, wie sie ein weitgehendes Abschmelzen der Eisschilder Grönlands und der Westantarktis bewirken würde, ziehen erhebliche Änderungen von Küstenstrukturen und Ökosystemen sowie Überschwemmungen tief liegender Gebiete nach sich, wobei die Auswirkungen in den Flussdeltas am größten sind. Eine Umsiedlung der Bevölkerung, der Wirtschaftstätigkeiten und der Infrastruktur wäre kostspielig und eine Herausforderung. Es besteht mittleres Vertrauen, dass bei einem Anstieg der mittleren globalen Temperatur um 1-4 °C (bezogen auf 1990-2000) das Grönländische Eisschild und möglicherweise auch das Westantarktische Eisschild über einen Zeitraum, der sich über Jahrhunderte bis zu Jahrtausenden erstreckt, zumindest teilweise abschmelzen würden und damit einen Beitrag zum Anstieg des Meeresspiegels von 4-6 m oder mehr verursachen würden. Ein vollständiges Abschmelzen der Grönländischen und Westantarktischen Eisschilde würde einen Beitrag zum Anstieg des Meeresspiegels von bis zu 7 m bzw. von etwa 5 m bewirken [Vierter Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe I 6.4, 10.7; Vierter Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe II 19.3].

Wenn man von den Ergebnissen der Klimamodelle ausgeht, ist es sehr unwahrscheinlich, dass die thermohaline Zirkulation [*Meridional Overturning Circulation* (MOC)] im Nordatlantik im 21. Jahrhundert einen großräumigen abrupten Wandel erfährt. Eine Verlangsamung der MOC in diesem Jahrhundert ist sehr wahrscheinlich, wobei aber die Temperaturen über dem Atlantik und über Europa aufgrund der globalen Erwärmung voraussichtlich trotzdem ansteigen werden. Es ist wahrscheinlich, dass die Auswirkungen großräumiger und anhaltender Änderungen der MOC auch Änderungen der Produktivität mariner Ökosysteme sowie der Fischerei, der Aufnahme von Kohlendioxid durch die Ozeane, der Sauerstoffkonzentrationen der Ozeane und der terrestrischen Vegetation mit sich bringen werden [Vierter Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe I 10.3, 10.7, Vierter Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe II 12.6, 19.3].

Die Auswirkungen der Klimaänderung werden regional unterschiedlich sein. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass sie – aggregiert und auf die Gegenwart diskontiert – jährliche Nettokosten verursachen, die sich mit zunehmendem globalem Temperaturanstieg im Verlauf der Zeit immer weiter erhöhen werden.

Dieser Bericht verdeutlicht, dass die Auswirkungen der Klimaänderung für verschiedene Regionen unterschiedlich sein werden. Bei einem Anstieg der mittleren globalen Temperatur um weniger als 1-3°C (gegenüber 1990) werden für einige Auswirkungen an manchen Orten

und in manchen Sektoren Vorteile, an anderen Orten und in anderen Sektoren Kosten projiziert. Für einige Regionen der niedrigen Breiten und im Bereich der Pole werden jedoch selbst bei einem geringen Temperaturanstieg Nettokosten projiziert. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich bei einem Temperaturanstieg um mehr als etwa 2-3°C in allen Regionen entweder die Nettovorteile verringern oder die Nettokosten erhöhen werden [9.ES, 9.5, 10.6, T10.9, 15.3, 15.ES]. Diese Beobachtungen bestätigen die im dritten Sachstandsbericht enthaltenen Hinweise darauf, dass – während Entwicklungsländer voraussichtlich Verluste im Ausmaß eines höheren prozentualen Anteils hinnehmen müssen – die mittleren globalen Verluste bei einer Erwärmung um 4°C 1-5 % des Bruttoinlandsproduktes (BIP) betragen könnten [Abb.20.3].

Es stehen heute viele Schätzungen der aggregierten volkswirtschaftlichen Nettokosten, die durch Schäden aufgrund von Klimaänderungen weltweit entstehen (d.h. externe Kosten des Kohlenstoffs (social cost of carbon (SCC), ausgedrückt als zukünftiger Nettonutzen und zukünftige Kosten, jeweils auf die Gegenwart diskontiert) zur Verfügung. In von Experten begutachteten Schätzungen werden die SCC für 2005 mit einem mittleren Wert von US\$ 43 pro Tonne Kohlenstoff angegeben (d.h. US\$ 12 pro Tonne Kohlendioxid). Die Bandbreite um diesen Mittelwert ist jedoch groß. In einer Studie mit 100 Schätzungen reichten beispielsweise die Werte von US\$ 10 pro Tonne Kohlenstoff (US\$ 3 pro Tonne Kohlendioxid) bis zu US\$ 350 pro Tonne Kohlenstoff (US\$ 95 pro Tonne Kohlendioxid) [20.6].

Die großen Bandbreiten für die SCC beruhen größtenteils auf unterschiedlichen Annahmen bezüglich Klimasensitivität, Reaktionsverzögerungen, Umgang mit Risiken und Gerechtigkeit, wirtschaftlicher und nicht-wirtschaftlicher Folgen sowie Einbezug potenziell katastrophaler Verluste und Diskontraten. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Schadenskosten bei den global aggregierten Zahlen unterschätzt werden, weil viele nicht quantifizierbare Auswirkungen nicht miteinbezogen werden können. Insgesamt zeigt die Bandbreite der veröffentlichten Anhaltspunkte, dass sich die Netto-Schadenskosten für Klimaänderungen wahrscheinlich als signifikant erweisen und sich im Verlauf der Zeit weiter erhöhen werden [T20.3, 20.6, Abb.20.4].

Es ist praktisch sicher, dass die aggregierten Kostenabschätzungen signifikante Unterschiede in den Auswirkungen in einzelnen Sektoren, Regionen, Ländern und Bevölkerungen verschleiern. An manchen Orten und bei manchen Bevölkerungsgruppen mit hoher Belastung, großer Empfindlichkeit und/oder niedriger Anpassungskapazität, werden die Nettokosten signifikant höher als die globale Gesamtsumme sein [20.6, 20.ES, 7.4].

Phänomen^a und Richtung des Trends	Wahrscheinlichkeit eines zukünftigen Trends, basierend auf den Projektionen für das 21. Jahrhundert unter Verwendung der SRES-Szenarien	Beispiele für wesentliche projizierte Auswirkungen nach Sektoren

		Land- und Forstwirtschaft und Ökosysteme [4.4, 5.4]	Wasserressourcen [3.4]	Menschliche Gesundheit [8.2]	Industrie/Siedlungen/Gesellschaft [7.4]
Über den meisten Landflächen wärmere und weniger kalte Tage und Nächte; wärmere und häufiger heiße Tage und Nächte	Praktisch sicher ^b	Höhere Erträge in kälteren Gebieten; geringere Erträge in wärmeren Gebieten; zunehmende Massenvermehrung von Insekten	Auswirkungen auf von der Schneeschmelze abhängige Wasserressourcen; manchmal Auswirkungen auf die Wasserversorgung;	Rückgang menschlicher Sterblichkeit durch geringere Kälteexposition	Geringere Energienachfrage für Heizung; höherer Bedarf an Kühlung; abnehmende Luftqualität in Städten; weniger Transportunterbrechungen durch Schnee, Eis; Auswirkungen auf den Wintertourismus
Wärmeperioden/Hitzewellen: Zunahme der Häufigkeit über den meisten Landflächen	Sehr wahrscheinlich	Geringere Erträge in wärmeren Regionen durch Hitzebelastung; erhöhte Gefahr durch Flächenbrände	Erhöhter Wasserbedarf; Probleme mit der Wasserqualität, z.B. Algenblüte	Erhöhtes Risiko für hitzebedingte Sterblichkeit, insbesondere für ältere Menschen und chronisch Kranke, Kleinkinder und gesellschaftlich isolierte Menschen	Verminderung der Lebensqualität für Menschen in warmen Gebieten ohne zweckmäßige Wohnung; Auswirkungen auf ältere Menschen, Kleinkinder und Arme
Starkniederschlagsereignisse: Die Häufigkeit nimmt über den meisten Gebieten zu	Sehr wahrscheinlich	Ernteschäden; Bodenerosion, Verhinderung des Anbaus durch Vernässung der Böden	Nachteilige Auswirkungen auf die Qualität von Oberflächen- und Grundwasser; Verunreinigungen der Wasserversorgung; Abhilfe bei	Erhöhtes Risiko für Todesfälle, Verletzungen, Infektions-, Atemwegs- und Hauterkrankungen,	Beeinträchtigung von Siedlungen, Handel, Verkehr und einzelnen Bevölkerungsgruppen infolge von Überschwemmungen; starke

			Wasserknappheit möglich		Belastung städtischer und ländlicher Infrastrukturen; Verlust von Eigentum
Von Dürre betroffene Gebiete nehmen zu	Wahrscheinlich	Bodenbeeinträchtigung, geringere Erträge/Ernteschäden und -ausfälle; vermehrtes Viehsterben; erhöhtes Risiko von Flächenbränden	Größere Verbreitung von Wasserknappheit	Erhöhtes Risiko für Nahrungsmittel- und Wasserknappheit; erhöhtes Risiko für Mangel- und Fehlernährung; erhöhtes Risiko für Krankheiten, die durch Wasser oder Nahrungsmittel übertragen werden	Wasserknappheit für Siedlungen, Industrie und einzelne Bevölkerungsgruppen; geringere Potentiale für Wasserkraftzeugung; Potenzial für Bevölkerungsmigration
Die Aktivität starker tropischer Wirbelstürme nimmt zu	Wahrscheinlich	Ernteschäden; Windwurf (Entwurzeln) von Bäumen; Schäden an Korallenriffen	Unterbrechung der Stromversorgung bewirken Unterbrechung der öffentlichen Wasserversorgung	Erhöhtes Risiko für Todesfälle, Verletzungen, Krankheiten, die durch Wasser oder Nahrungsmittel übertragen werden; posttraumatische Belastungsstörungen	Störungen durch Hochwasser und starken Wind; Rückzug der Privatversicherer aus der Risikodeckung in verwundbaren Gebieten; Potenzial für Bevölkerungsmigration; Verlust von Eigentum
Zunehmendes Auftreten von extrem hohem Meeresspiegel (ausgenommen	Wahrscheinlich ^d	Versalzung des Wassers für die Bewässerung, in Flussmündungen und	Abnahme der Verfügbarkeit von Süßwasser durch das Eindringen von	Erhöhtes Risiko für Todesfälle durch Ertrinken infolge des hohen	Kosten für den Küstenschutz stehen den Kosten einer Landnutzungsverlagerung

en Tsunamis) ^c		Süßwassersy- stemem	Salzwasser	Wasserstand es sowie für Verletzungen ; migrationsbe- dingte gesundheitlic he Auswirkunge n	gegenüber; Potenzial für Bevölkerung s- und Infrastruktur verlagerung; siehe auch tropische Wirbelstürme oben
------------------------------	--	------------------------	------------	--	--

^a Bezüglich Definitionen siehe Tabelle 3.7 im Vierten Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe I

^b Erwärmung der extremsten Tage und Nächte jedes Jahres

^c Extrem hohe Meeresspiegel hängen vom mittleren Meeresspiegel und den regionalen Wettersystemen ab. Sie sind hier definiert als das höchste 1 % der stündlichen an einer Station beobachteten Meeresspiegel für einen bestimmten Bezugszeitraum.

^d Der projizierte mittlere globale Meeresspiegel für 2100 liegt in allen Szenarien höher als im Bezugszeitraum [Vierter Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe I 10.6]. Die Auswirkungen von Veränderungen der regionalen Wettersysteme auf extreme Meeresspiegel wurden nicht untersucht.

Tabelle SPM.1. Beispiele für mögliche Auswirkungen der Klimaänderung durch Veränderungen extremer Wetter- und Klimaereignisse, basierend of Projektionen für Mitte bis Ende des 21. Jahrhunderts. Nicht berücksichtigt sind etwaige Änderungen oder Entwicklungen bei der Anpassungskapazität. Beispiele für alle Einträge sind in den Kapiteln des vollständigen Sachstandsberichtes (siehe Quellenangaben in den Spalten oben) enthalten. Die ersten beiden Spalten dieser Tabelle sind direkt der Zusammenfassung für Entscheidungsträger der Arbeitsgruppe I (Tabelle SPM-2) entnommen. Die Bewertungen der Wahrscheinlichkeit in Spalte 2 beziehen sich auf die in Spalte 1 beschriebenen Phänomene. Die Richtung des Trends und die Wahrscheinlichkeit der Phänomene gelten für die IPCC-SRES-Projektionen der Klimaänderung.

D. Derzeitiger Kenntnisstand zu Reaktionen auf die Klimaänderung

Eine gewisse Anpassung an beobachtete und projizierte zukünftige Klimaänderungen findet bereits statt, allerdings auf begrenzter Basis.

Seit dem Dritten Sachstandsbericht des IPCC gibt es vermehrt Hinweise darauf, dass sich menschliche Aktivitäten an beobachtete und absehbare Klimaänderungen anpassen. So wird die Klimaänderung z.B. bei der Gestaltung von Infrastrukturprojekten – wie dem Küstenschutz auf den Malediven und in den Niederlanden sowie der Konföderationsbrücke in Kanada – berücksichtigt. Zu weiteren Beispielen zählen die Prävention von Sturzfluten aus Gletscherseen (GLOFs) in Nepal sowie Maßnahmen und Strategien wie z.B. die Wasserbewirtschaftung in Australien und Reaktionen von Regierungen auf Hitzewellen, beispielsweise in einigen europäischen Ländern. [7.6, 8.2, 8.6, 17.ES, 17.2, 16.5, 11.5].

Eine Anpassung wird notwendig sein, um den Auswirkungen zu begegnen, die aus der bereits nicht mehr zu vermeidenden Erwärmung aufgrund von Emissionen der Vergangenheit resultieren.

Selbst wenn die atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen auf dem Wert von 2000 blieben, werden die Emissionen der Vergangenheit eine gewisse, nicht zu vermeidende Erwärmung (um weitere ca. 0,6° C bis zum Ende des Jahrhunderts, bezogen auf 1980-1999) bewirken (siehe Vierter Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe I). Für einige Auswirkungen ist Anpassung die einzig verfügbare und geeignete Möglichkeit um auf diese zu reagieren. Angaben zu diesen Auswirkungen finden sich in Abbildung SPM.2.

Eine breite Palette von Möglichkeiten zur Anpassung steht zur Verfügung. Jedoch bedarf es einer umfangreicheren Anpassung als derzeit, um die Verwundbarkeit gegenüber künftigen Klimaänderungen zu verringern. Dies stößt auf Hindernisse, Grenzen und Kosten, die allerdings nicht zur Gänze verstanden sind.

Bei einem Anstieg der mittleren globalen Temperatur werden sich die Auswirkungen verstärken, wie Abbildung SPM.2. zeigt. Obwohl viele frühe Auswirkungen der Klimaänderung durch Anpassung effektiv bewältigt werden können, verringern sich bei zunehmenden Klimaänderungen die Möglichkeiten für eine erfolgreiche Anpassung, und die damit verbundenen Kosten steigen. Derzeit besteht noch kein genaues Bild über die Grenzen einer Anpassung oder die Kosten – zum Teil deshalb, weil wirksame Anpassungsmaßnahmen zum einen stark von spezifischen, geografischen und klimatischen Risikofaktoren, zum anderen von Einschränkungen institutioneller, politischer und finanzieller Art abhängen [7.6, 17.2, 17.4].

Die Palette der möglichen Anpassungsmaßnahmen, die den menschlichen Gesellschaften zur Verfügung steht, ist sehr umfangreich und reicht von rein technologischen (z.B. Schutzbauten am Meer) über verhaltensbezogene (z. B. Änderungen bei der Auswahl von Nahrungsmitteln und Freizeitbeschäftigungen) bis hin zu Bewirtschaftungsmaßnahmen (z.B. Änderungen der landwirtschaftlichen Praxis) und zur Politik (z. B. Planungsbestimmungen). Wenn auch die meisten Technologien und Strategien bekannt sind und in einigen Ländern entwickelt wurden, so geht aus der untersuchten Literatur nicht hervor, wie erfolgreich sich die unterschiedlichen Möglichkeiten¹³ hinsichtlich einer vollständigen Verringerung der Risiken (vor allem bei einem höheren Grad der Erwärmung und den damit verbundenen Auswirkungen) und im Hinblick auf verwundbare Gruppen erweisen. Zusätzlich stößt die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen auf gewaltige wirtschaftliche Hindernisse – ebenso wie auf Umwelt-, Informations-, soziale, Einstellungs- und Verhaltensbarrieren. Für die Entwicklungsländer sind vor allem die Verfügbarkeit von Ressourcen und der Aufbau der Anpassungskapazität von Bedeutung. [Siehe Abschnitte 5 und 6 der Kapitel 3-16; siehe auch 17.2, 17.4].

Anpassung alleine wird voraussichtlich nicht alle projizierten Folgen der Klimaänderung bewältigen können – insbesondere nicht auf lange Sicht, da die meisten Auswirkungen in ihrem Ausmaß zunehmen [Abbildung SPM.2.].

Die Verwundbarkeit gegenüber der Klimaänderung kann durch andere vorhandene Stressfaktoren verstärkt werden.

Nicht-klimatische Belastungen (Stressfaktoren) können die Verwundbarkeit gegenüber Klimaänderungen durch Herabsetzung der Widerstandsfähigkeit erhöhen und die Anpassungskapazität durch Ressourcenkonkurrenz reduzieren. Korallenriffe z. B. sind derzeit durch die Verschmutzung der Meere, die Auswaschung von Chemikalien aus der Landwirtschaft sowie durch den Anstieg der Wassertemperatur und die Ozeanversauerung

¹³ Eine Tabelle mit Möglichkeiten ist in der Technischen Zusammenfassung aufgelistet.

belastet. Verwundbare Regionen sind mit vielfachen Stressfaktoren konfrontiert, die ihre Beanspruchung und Empfindlichkeit ebenso beeinträchtigen wie ihre Anpassungskapazität. Diese Stressfaktoren entstehen beispielsweise durch derzeitige Klimagefahren, Armut und den ungleichen Zugang zu Ressourcen, Nahrungsmittelunsicherheit, Trends der wirtschaftlichen Globalisierung, Konflikte und das Auftreten von Krankheiten wie HIV/AIDS [7.4, 8.3, 17.3, 20.3]. Nur selten werden Anpassungsmaßnahmen ausschließlich als Reaktion auf Klimaänderungen durchgeführt, sondern können beispielsweise in das Wasserressourcenmanagement, den Küstenschutz und den Risikominderungsstrategien integriert sein [17.2, 17.5].

Die künftige Verwundbarkeit hängt nicht nur von der Klimaänderung, sondern auch vom Entwicklungspfad ab.

Ein wesentlicher Fortschritt seit dem Dritten Sachstandsbericht des IPCC wurde mit der Fertigstellung von Klimafolgenstudien für eine Reihe von Entwicklungspfaden erzielt, in denen nicht nur projizierte Klima-, sondern auch projizierte gesellschaftliche und wirtschaftliche Änderungen berücksichtigt sind. Die meisten dieser Studien basieren auf den, dem IPCC-Sonderbericht zu Emissionsszenarien (SRES) entnommenen, Charakterisierungen der Bevölkerung und des Einkommensniveaus (siehe Kasten 3) [2.4].

Diese Studien zeigen, dass die projizierten Auswirkungen der Klimaänderung in Abhängigkeit des angenommenen Entwicklungspfads erheblich variieren können. Die verschiedenen Szenarien zeigen beispielsweise große Unterschiede bei der regionalen Bevölkerung, dem Einkommen und der technologischen Entwicklung – Faktoren, die für den Grad der Verwundbarkeit gegenüber Klimaänderungen oft außerordentlich bestimmend sind [2.4].

Zur Veranschaulichung: Wie kürzlich durchgeführte Studien über globale Auswirkungen der Klimaänderung auf Nahrungsmittelversorgung und die Risiken von Küstenüberschwemmung und Wasserknappheit verdeutlichen, ist die Anzahl an betroffenen Menschen im Entwicklungsszenario des Typs A2 (das durch ein relativ niedriges Pro-Kopf-Einkommen und hohes Bevölkerungswachstum gekennzeichnet ist) erheblich größer als in anderen SRES-Zukunftsszenarien [T20.6]. Dieser Unterschied lässt sich im Wesentlichen nicht durch unterschiedliche Klimaänderungen, sondern durch Unterschiede hinsichtlich der Verwundbarkeit erklären [T6.6].

Nachhaltige Entwicklung¹⁴ kann die Verwundbarkeit gegenüber Klimaänderungen senken; und die Klimaänderung könnte viele Nationen in ihren Fähigkeiten, nachhaltige Entwicklungspfade einzuschlagen, behindern.

Eine nachhaltige Entwicklung kann die Verwundbarkeit gegenüber Klimaänderungen durch eine Erhöhung der Anpassungskapazität und Steigerung der Widerstandskraft senken. Derzeit umfassen jedoch nur wenige Pläne zur Förderung der Nachhaltigkeit ausdrücklich eine Anpassung an die Auswirkungen der Klimaänderung oder eine Förderung der Anpassungskapazität [20.3].

¹⁴ Im vorliegenden Bericht findet in Bezug auf den Begriff Nachhaltige Entwicklung die Definition der Brundtland-Kommission Anwendung: „Entwicklung, welche die gegenwärtigen Bedürfnisse befriedigt, ohne die Fähigkeit der zukünftigen Generation zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse befriedigen zu können.“ Dieselbe Definition wurde im Dritten IPCC-Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe II sowie im Synthesebericht des Dritten Sachstandsberichtes verwendet.

Andererseits ist es sehr wahrscheinlich, dass die Klimaänderung den Fortschritt in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung entweder direkt – durch erhöhte Exposition gegenüber schädlichen Auswirkungen – oder indirekt – durch Beeinträchtigung der Fähigkeit sich anzupassen – verlangsamt. Das wird in den jeweiligen, die Auswirkungen für die nachhaltige Entwicklung behandelnden, Abschnitten der sektor- und regionsbezogenen Kapitel des vorliegenden Berichts klar gezeigt [Siehe Abschnitt 7 der Kapitel 3-8, 20.3, 20.7].

Die Millenniumsentwicklungsziele [*Millennium Development Goals* (MDGs)] sind ein Maßstab für den Fortschritt in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung. Im Verlauf der nächsten Hälfte des Jahrhunderts könnte die Klimaänderung ein Erreichen der MDGs behindern [20.7].

Viele Auswirkungen können durch Minderungsmaßnahmen vermieden, verringert oder verzögert werden.

Für Szenarien, in denen künftige atmosphärische Treibhausgaskonzentrationen stabilisiert werden, konnte nun eine begrenzte Zahl an Folgenabschätzungen abgeschlossen werden. Obwohl diese Studien Unsicherheiten für ein bei einer Stabilisierung projiziertes Klima nicht zur Gänze berücksichtigen, geben sie doch Hinweise darauf, wie Schäden bei Emissionsreduktionen unterschiedlichen Ausmaßes vermieden oder Verwundbarkeiten und Risiken verringert werden können [2.4, T20.6].

Ein Portfolio von Anpassungs- und Minderungsmaßnahmen kann die mit der Klimaänderung verbundenen Gefahren verringern.

Selbst durch strikteste Minderungsmaßnahmen wird man nicht in der Lage sein, weitere Auswirkungen der Klimaänderung in den nächsten Jahrzehnten zu vermeiden. Deshalb sind Anpassungsmaßnahmen – vor allem zur Bewältigung kurzfristiger Folgen – unerlässlich. Eine ungemilderte Klimaänderung würde langfristig gesehen die Anpassungskapazität natürlicher, bewirtschafteter und menschlicher Systeme wahrscheinlich überschreiten. [20.7]

Dies weist auf die Bedeutung eines Strategie-Portfolios bzw. einer Strategie-Kombination hin, die sowohl Minderung, Anpassung, technologische Entwicklung (um Anpassung ebenso wie Minderung weiter zu entwickeln) als auch Forschung (im Bezug auf Klimasystemforschung, Klimafolgenforschung sowie Forschung im Bereich Anpassung und Minderung) beinhaltet. Solche Portfolios könnten auf Anreizen basierende Ansätze und Handlungsmöglichkeiten auf allen Ebenen in Strategien einbinden – vom einzelnen Bürger, über staatliche Regierungen bis zu internationalen Organisationen [18.1, 18.5].

Eine Möglichkeit zur Erhöhung der Anpassungskapazität besteht darin, Auswirkungen der Klimaänderung in der Entwicklungsplanung zu berücksichtigen [18.7] – z.B. durch

- Einbezug von Anpassungsmaßnahmen in die Landnutzungsplanung und Infrastrukturgestaltung [17.2];
- Einbezug von Maßnahmen in bestehende Strategien, die das Katastrophenrisiko mindern, um Schwachstellen zu verringern [17.2, 20.8].

E. Systematischer Beobachtungs- und Forschungsbedarf

Obwohl sich die Wissenschaft seit dem Dritten Sachstandsbericht hinsichtlich der Bereitstellung von Informationen für Entscheidungsträger über die Klimaänderung und ihre Auswirkungen sowie das Anpassungspotenzial verbessert hat, bleiben nach wie vor viele wichtige Fragen offen. In den Kapiteln des Vierten Sachstandsberichts der Arbeitsgruppe II sind mehrere Bewertungen hinsichtlich der Prioritäten für weitere Beobachtungs- und Forschungstätigkeiten dargelegt. Diese Ratschläge sollten ernsthaft berücksichtigt werden (eine Liste der Empfehlungen findet sich in der Technischen Zusammenfassung, Abschnitt TS-6).

Kasten 1. Definition von Schlüsselbegriffen

Klimaänderung: *Klimaänderung* bezieht sich auf jene Änderung des Klimas im Verlauf der Zeit, sei dies aufgrund natürlicher Schwankungen oder menschlicher Aktivitäten. Dieser Gebrauch unterscheidet sich von demjenigen der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen, die *Klimaänderung* definiert als „Änderungen des Klimas, die unmittelbar oder mittelbar auf menschlichen Aktivitäten zurückzuführen sind, welche die Zusammensetzung der Erdatmosphäre verändern, und die zu den über vergleichbare Zeiträume beobachteten natürlichen Klimaschwankungen hinzukommen“.

Anpassungskapazität bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, sich auf Klimaänderungen (inklusive Klimaschwankungen und -extremen) einzustellen, um potenzielle Schäden abzuschwächen, Vorteile aus Möglichkeiten zu ziehen oder die Folgen zu bewältigen.

Verwundbarkeit zeigt an, inwieweit ein System für nachteilige Auswirkungen der Klimaänderungen, inklusive Klimaschwankungen und -extreme anfällig ist bzw. nicht fähig ist, diese zu bewältigen. Die Verwundbarkeit leitet sich ab aus dem Charakter, der Größenordnung und der Geschwindigkeit der Klimaänderung und -abweichung, der ein System ausgesetzt ist, ebenso wie aus der Empfindlichkeit und Anpassungskapazität dieses Systems.

Kasten 2. Kommunikation der Unsicherheit im Vierten Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe II

Zur Beschreibung der Unsicherheit bezüglich des derzeitigen Wissensstands wird ein Satz von Ausdrücken verwendet, der in allen Teilen des Vierten Sachstandsberichts verwendet wird.

Beschreibung der Richtigkeit

Die Autoren haben den Grad der Richtigkeit der Hauptaussagen in der Zusammenfassung für Entscheidungsträger auf Basis der Bewertung des derzeitigen Wissensstands wie folgt ausgedrückt:

Ausdruck

Sehr hohes Vertrauen
hohes Vertrauen
mittleres Vertrauen
geringes Vertrauen
sehr geringes Vertrauen

Grad des Vertrauens bezüglich der Richtigkeit

Die Aussage ist in mindestens 9 von 10 Fällen richtig;
Die Aussage ist in etwa 8 von 10 Fällen richtig;
Die Aussage ist in etwa 5 von 10 Fällen richtig;
Die Aussage ist in etwa 2 von 10 Fällen richtig;
Die Aussage ist in weniger als 1 von 10 Fällen richtig.

Beschreibung der Wahrscheinlichkeit

Die Wahrscheinlichkeit bezieht sich auf die Bewertung der Wahrscheinlichkeit eines gut definierten Ergebnisses, das eingetreten ist oder zukünftig eintreten wird. Sie kann aus quantitativen Analysen oder Expertenmeinungen abgeleitet werden. In der Zusammenfassung für Entscheidungsträger, in der die Autoren die Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Ergebnisses bestimmen, sind die dazugehörigen Bedeutungen die folgenden:

Ausdruck

praktisch sicher
sehr wahrscheinlich
wahrscheinlich
gleich wahrscheinlich wie unwahrscheinlich
unwahrscheinlich
sehr unwahrscheinlich
äußerst unwahrscheinlich

Wahrscheinlichkeit des Eintretens/Ergebnisses

> 99% Eintrittswahrscheinlichkeit,
90% bis 99% Wahrscheinlichkeit,
66 bis 90% Wahrscheinlichkeit,
33 bis 66% Wahrscheinlichkeit,
10 bis 33% Wahrscheinlichkeit,
1 bis 10% Wahrscheinlichkeit,
< 1% Wahrscheinlichkeit.

Kasten 3. Die Emissions-Szenarien des IPCC-Sonderberichtes über Emissions-Szenarien (SRES)*

A1. Die A1-Modellgeschichte bzw. -Szenario-Familie beschreibt eine zukünftige Welt mit sehr raschem Wirtschaftswachstum, einer in der Mitte des 21. Jahrhunderts den Höchststand erreichenden und danach rückläufigen Weltbevölkerung, und rascher Einführung neuer und effizienterer Technologien. Wichtige grundlegende Themen sind die Annäherung von Regionen, die Entwicklung von Handlungskompetenz sowie die zunehmende kulturelle und soziale Interaktion bei gleichzeitiger substanzieller Verringerung regionaler Unterschiede der Pro-Kopf-Einkommen. Die A1-Szenarien-Familie teilt sich in drei Gruppen auf, die unterschiedliche Ausrichtungen technologischer Änderungen im Energiesystem beschreiben. Die drei A1-Gruppen unterscheiden sich durch ihren technologischen Schwerpunkt: fossilintensiv (A1F1), nicht fossile Energieträger (A1T) oder ausgewogene Nutzung aller Quellen (A1B) (wobei ausgewogene Nutzung hier definiert ist als eine nicht allzu große Abhängigkeit von einer bestimmten Energiequelle, unter der Annahme eines für alle Energieversorgungs- und -endverbrauchstechnologien ähnlichen Verbesserungspotenzials).

A2. Die A2-Modellgeschichte bzw. -Szenario-Familie beschreibt eine sehr heterogene Welt. Das Grundthema ist Autarkie und Bewahrung lokaler Identitäten. Regionale Fruchtbarkeitsmuster konvergieren nur sehr langsam, was eine stetig zunehmende Bevölkerung zur Folge hat. Die wirtschaftliche Entwicklung ist vorwiegend regional orientiert, und das Pro-Kopf-Wirtschaftswachstum sowie technologische Veränderungen verlaufen fragmentierter und langsamer als in anderen Modellgeschichten.

B1. Die B1-Modellgeschichte bzw. -Szenario-Familie beschreibt eine sich näher kommende Welt mit der gleichen Weltbevölkerung wie in der A1 Modellgeschichte, die Mitte des 21. Jahrhunderts ihren Höchststand erreicht und sich danach rückläufig entwickelt, jedoch mit raschen Änderungen der wirtschaftlichen Strukturen in Richtung einer Dienstleistungs- und Informationswirtschaft, bei gleichzeitigem Rückgang des Materialverbrauchs und Einführung von sauberen und ressourceneffizienten Technologien. Der Schwerpunkt liegt auf globalen Lösungen für eine wirtschaftliche, soziale und umweltgerechte Nachhaltigkeit, einschließlich erhöhter sozialer Gerechtigkeit, aber ohne zusätzliche Klimainitiativen.

B2. Die B2-Modellgeschichte bzw. -Szenario-Familie beschreibt eine Welt mit Schwerpunkt auf lokalen Lösungen für eine wirtschaftliche, soziale und umweltgerechte Nachhaltigkeit. Es ist eine Welt mit einer stetig, jedoch langsamer als in A2 ansteigenden Weltbevölkerung, einer wirtschaftlichen Entwicklung auf mittlerem Niveau und einem weniger raschen, dafür vielfältigeren technologischen Fortschritt als in den B1- und A1-Modellgeschichten. Obwohl das Szenario auch auf Umweltschutz und soziale Gerechtigkeit ausgerichtet ist, liegt der Schwerpunkt auf der lokalen und regionalen Ebene.

Für jede der sechs Szenarien-Gruppen A1B, A1F1, A1T, A2, B1 und B2 wurde ein veranschaulichendes Szenario gewählt. Alle sollten als gleich stichhaltig betrachtet werden.

Die SRES-Szenarien beinhalten keine zusätzlichen Klimainitiativen, d. h. es sind keine Szenarien berücksichtigt, die ausdrücklich eine Umsetzung des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) oder der Emissionsziele des Kyoto-Protokolls annehmen.