

# Klimawandel und Landsysteme

IPCC-Sonderbericht über Klimawandel, Desertifikation, Landdegradierung, nachhaltiges Landmanagement, Ernährungssicherheit und Treibhausgasflüsse in terrestrischen Ökosystemen

Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger



WG I WG II WG III

# Klimawandel und Landsysteme

IPCC-Sonderbericht über Klimawandel, Desertifikation,  
Landdegradierung, nachhaltiges Landmanagement, Ernährungssicherheit  
und Treibhausgasflüsse in terrestrischen Ökosystemen

## Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

### Herausgegeben von

**Valérie Masson-Delmotte**

Ko-Vorsitzende von  
Arbeitsgruppe I

**Hans-Otto Pörtner**

Ko-Vorsitzender von  
Arbeitsgruppe II

**Jim Skea**

Ko-Vorsitzender von  
Arbeitsgruppe III

**Panmao Zhai**

Ko-Vorsitzender von  
Arbeitsgruppe I

**Debra Roberts**

Ko-Vorsitzende von  
Arbeitsgruppe II

**Priyadarshi R. Shukla**

Ko-Vorsitzender von  
Arbeitsgruppe III

**Raphael Slade**

Wissenschaftlicher Leiter der  
Geschäftsstelle

**Sarah Connors**

Leitende wissenschaftliche  
Mitarbeiterin

**Renée van Diemen**

Wissenschaftlerin

**Marion Ferrat**

Kommunikationsleiterin

**Eamon Haughey**

Leitender wissenschaftlicher  
Mitarbeiter

**Sigourney Luz**

Kommunikationsmanagerin

**Suvadip Neogi**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

**Minal Pathak**

Leitende Wissenschaftliche  
Mitarbeiterin

**Jan Petzold**

Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter

**Joana Portugal Pereira**

Leitende Wissenschaftliche  
Mitarbeiterin

**Purvi Vyas**

Wissenschaftliche  
Mitarbeiterin

**Elizabeth Huntley**

Organisatorische Leiterin der  
Geschäftsstelle

**Katie Kissick**

Organisatorische Leiterin der  
Geschäftsstelle

**Malek Belkacemi**

IT/Web-Manager

**Juliette Malley**

Verwaltungsleiterin

## Englisches Original

© 2019 Intergovernmental Panel on Climate Change

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (Hrsg.)]. In Druck.

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

Die englische Originalversion dieses Dokuments ist in elektronischer Form auf der IPCC-Webseite unter <https://www.ipcc.ch/srccl/> erhältlich.

Titelbild: Landwirtschaftliche Landschaft zwischen Ankara und Hattusha, Anatolien, Türkei (40°00'N–33°35'O)  
[www.yannarthusbertrand.org](http://www.yannarthusbertrand.org) | [www.goodplanet.org](http://www.goodplanet.org). ©Yann Arthus-Bertrand

## Deutsche Übersetzungen

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  
[www.de-ipcc.de](http://www.de-ipcc.de), [de-ipcc@dlr.de](mailto:de-ipcc@dlr.de)



Übersetzung: Carola Best unter Mitarbeit von Mariam Akhtar-Schuster, Almut Arneht, Kathleen Hermans, Silvia Kreibiehl, Eike Lüdeling, Urs Neu (unterstützt von Bundesamt für Umwelt BAFU), Prajal Pradhan, Klaus Radunsky, Marina Rizovski-Jansen, Carl-Friedrich Schlessner, Esther Schüßler, Charlotte Streck und Nicholle Koko Warner

Mitfinanzierung: Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Deutsches Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)

Layout: bplusd agenturgruppe GmbH nach dem Original-Layout von IPCC

Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH, Kempten

## Bezugsquellen

Diese Übersetzung kann von den Webseiten [www.de-ipcc.de](http://www.de-ipcc.de), [www.proclim.ch](http://www.proclim.ch) und [www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at) als PDF-Datei heruntergeladen werden. Kostenfreie Druckexemplare sind erhältlich bei der Deutschen IPCC-Koordinierungsstelle über <https://www.de-ipcc.de/kontakt.php>

Als Gremium der Vereinten Nationen veröffentlicht der IPCC seine Berichte in den sechs offiziellen VN-Sprachen (Arabisch, Chinesisch, Englisch, Französisch, Russisch, Spanisch). Versionen in diesen Sprachen werden auf [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) zum Herunterladen zur Verfügung gestellt. Weitere Informationen erteilt das IPCC-Sekretariat (Adresse: 7bis Avenue de la Paix, C.P. 2300, 1211 Geneva 2, Schweiz; E-Mail: [ipcc-sec@wmo.int](mailto:ipcc-sec@wmo.int)).

ISBN 978-3-89100-053-3

# **Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger**

# SPM

## Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

### Autoren des Entwurfs:

Almut Arneith (Deutschland), Humberto Barbosa (Brasilien), Tim Benton (Großbritannien), Katherine Calvin (USA), Eduardo Calvo (Peru), Sarah Connors (Großbritannien), Annette Cowie (Australien), Edouard Davin (Frankreich/Schweiz), Fatima Denton (Gambia), Renée van Diemen (Niederlande/Großbritannien), Fatima Driouech (Marokko), Aziz Elbehri (Marokko), Jason Evans (Australien), Marion Ferrat (Frankreich), Jordan Harold (Großbritannien), Eamon Haughey (Irland), Mario Herrero (Australien/Costa Rica), Joanna House (Großbritannien), Mark Howden (Australien), Margot Hurlbert (Kanada), Gensuo Jia (China), Tom Gabriel Johansen (Norwegen), Jagdish Krishnaswamy (Indien), Werner Kurz (Kanada), Christopher Lennard (Südafrika), Soojeong Myeong (Republik Korea), Nagmeldin Mahmoud (Sudan), Valérie Masson-Delmotte (Frankreich), Cheikh Mbow (Senegal), Pamela McElwee (USA), Alisher Mirzabaev (Deutschland/Usbekistan), Angela Morelli (Norwegen/Italien), Wilfran Moufouma-Okia (Frankreich), Dalila Nedjraoui (Algerien), Suvadip Neogi (Indien), Johnson Nkem (Kamerun), Nathalie De Noblet-Ducoudré (Frankreich), Lennart Olsson (Schweden), Minal Pathak (Indien), Jan Petzold (Deutschland), Ramón Pichs-Madruga (Kuba), Elvira Poloczanska (Großbritannien/Australien), Alexander Popp (Deutschland), Hans-Otto Pörtner (Deutschland), Joana Portugal Pereira (Großbritannien), Prajal Pradhan (Nepal/Deutschland), Andy Reisinger (Neuseeland), Debra C. Roberts (Südafrika), Cynthia Rosenzweig (USA), Mark Rounsevell (Großbritannien/Deutschland), Elena Shevliakova (USA), Priyadarshi Shukla (Indien), Jim Skea (Großbritannien), Raphael Slade (Großbritannien), Pete Smith (Großbritannien), Youba Sokona (Mali), Denis Jean Sonwa (Kamerun), Jean-Francois Soussana (Frankreich), Francesco Tubiello (USA/Italien), Louis Verchot (USA/Kolumbien), Koko Warner (USA/Deutschland), Nora Weyer (Deutschland), Jianguo Wu (China), Noureddine Yassaa (Algerien), Panmao Zhai (China), Zinta Zommers (Lettland).

### Zitiervorschrift:

IPCC, 2019: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: *Klimawandel und Landsysteme: ein IPCC-Sonderbericht über Klimawandel, Desertifikation, Landdegradierung, nachhaltiges Landmanagement, Ernährungssicherheit und Treibhausgasflüsse in terrestrischen Ökosystemen* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (Hrsg.)]. In Druck. Deutsche Übersetzung auf Basis der Onlineversion inklusive Errata vom 12. Dezember 2019. Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, Mai 2020.



## Danksagungen

Mit dem Sonderbericht über Klimawandel und Landsysteme hat der IPCC neue Wege beschritten. Es war der erste IPCC-Bericht, der von allen drei Arbeitsgruppen in Zusammenarbeit mit der Task Force on National Greenhouse Gas Inventories (TFI) erstellt wurde, und es war der erste IPCC-Bericht mit mehr Autoren\* aus Entwicklungsländern als aus Industrieländern. Er war durch ein inspirierendes Maß an Zusammenarbeit und Interdisziplinarität gekennzeichnet, welches den breiten Umfang des Mandats widerspiegelt, das den Autoren vom Ausschuss übertragen worden war. Er brachte Autoren zusammen, die nicht nur aus den traditionellen wissenschaftlichen Gemeinschaften des IPCC, sondern auch aus Schwesterorganisationen der Vereinten Nationen kamen, darunter die Zwischenstaatliche Plattform für Biodiversität und Ökosystemleistungen (IPBES), das Übereinkommen der Vereinten Nationen zur Bekämpfung der Wüstenbildung (UNCCD) und die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO).

Wir müssen die 107 Koordinierenden Leitautoren, Leitautoren und Begutachtungseditoren aus 52 Ländern würdigen, die für den Bericht verantwortlich waren. Sie stellten auf freiwilliger Basis unzählige Stunden ihrer Zeit zur Verfügung und nahmen an vier Leitautorentreffen in weit verstreuten Teilen der Welt teil. Das konstruktive Zusammenspiel zwischen den Autoren, die den Bericht verfassen, und den Begutachtungseditoren, die sicherstellen, dass auf alle Kommentare reagiert wird, hat dem Prozess sehr geholfen. Dabei bewiesen alle wissenschaftliche Gründlichkeit und bewahrten gleichzeitig gute Laune und einen Geist echter Zusammenarbeit, und dies alles gegen einen sehr engen Zeitplan, der keinen Spielraum für Abweichungen zuließ. Sie wurden durch Beiträge von 96 Beitragenden Autoren unterstützt.

Wir möchten besonders die Unterstützung der *Chapter Scientists*\*\* würdigen, die eine Auszeit von ihren aufstrebenden Karrieren genommen haben, um die Erstellung des Berichts zu unterstützen. Wir danken Yuping Bai, Aliyu Barau, Erik Contreras, Abdoul Aziz Diouf, Baldur Janz, Frances Manning, Dorothy Nampanzira, Chuck Chuan Ng, Helen Paulos, Xiyan Xu und Thobekile Zikhali. Wir hoffen sehr, dass die Erfahrung ihnen in ihrer zukünftigen Karriere helfen wird und dass ihre wichtige Rolle entsprechend anerkannt wird.

Die Erstellung des Berichts wurde von einem Lenkungsausschuss aus dem IPCC-Vorstand geleitet. Wir möchten unsere Kollegen danken, die diesem Ausschuss angehörten: die Ko-Vorsitzenden der Arbeitsgruppen und der TFI: Priyadarshi Shukla, Jim Skea, Valérie Masson-Delmotte, Panmao Zhai, Hans-Otto Pörtner, Debra Roberts, Eduardo Calvo Buendía; Vize-Vorsitzende der Arbeitsgruppen: Mark Howden, Nagmeldin Mahmoud, Ramón Pichs-Madruga, Andy Reisinger, Nouredine Yassaa; und Youba Sokona, stellvertretender Vorsitzender des IPCC. Youba Sokona fungierte als offizieller Pate des Berichts, und sein weiser Rat wurde von allen geschätzt. Weitere Unterstützung kam von Mitgliedern des IPCC-Vorstands: Edvin Aldrian, Fatima Driouech, Gregory Flato, Jan Fuglestvedt, Muhammad Tariq und Carolina Vera (Arbeitsgruppe I); Andreas Fischlin, Carlos Méndez, Joy Jacqueline Pereira, Roberto A. Sánchez-Rodríguez, Sergey Semenov, Pius Yanda und Taha M. Zatarí (Arbeitsgruppe II); und Amjad Abdulla, Carlo Carraro, Diriba Korecha Dadi und Diana Úrge-Vorsatz (Arbeitsgruppe III).

Mehrere Regierungen und Organisationen waren Gastgeber und Unterstützer des *Scoping Meetings*, der vier Leitautorentreffen und der abschließenden IPCC-Plenarsitzung: die Regierung von Norwegen und die norwegische Umweltagentur, die Regierung von Neuseeland und die Universität von Canterbury, die Regierung von Irland und die irische Umweltschutzbehörde, die Regierung Kolumbiens und das International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), die Regierung der Schweiz und die Weltorganisation für Meteorologie.

Die Mitarbeiter des IPCC-Sekretariats mit Sitz in Genf leisteten vielfältige Unterstützung, für die wir Abdalah Mokssit, Sekretär des IPCC, und seinen Kollegen danken: Kerstin Stendahl, Jonathan Lynn, Sophie Schlingemann, Jesbin Baidya, Laura Biagioni, Annie Courtin, Oksana Ekzarkho, Judith Ewa, Joelle Fernandez, Andrea Papucides Bach, Nina Peeva, Mxolisi Shongwe und Werani Zabula. Dank gebührt Elhouseine Gouaini, der als Organisationsverantwortlicher der 50. IPCC-Plenarsitzung fungierte.

Eine Reihe von Personen unterstützte die Erstellung der Bildelemente des Berichts und seine Vermittlung. Hervorzuheben sind Jordan Harold von der University of East Anglia, Susan Escott von Escott Hunt Ltd, Angela Morelli und Tom Gabriel Johansen vom Info Design Lab sowie Polly Jackson, Ian Blenkinsop, Autumn Forecast, Francesca Romano und Alice Woodward von Soapbox Communications Ltd.

Der Bericht wurde von der Geschäftsstelle von IPCC-Arbeitsgruppe III verwaltet, die über die großzügige finanzielle Unterstützung des UK Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) und der britischen Regierung über ihr Department of Business, Energy and Industrial Strategy (BEIS) verfügt. Darüber hinaus unterstützte die irische Umweltschutzbehörde zwei Abgeordnete für die Geschäftsstelle von Arbeitsgruppe III, während die norwegische Umweltbehörde eine erweiterte Reihe von Kommunikationsaktivitäten ermöglichte. Ohne die Unterstützung all dieser Organisationen wäre dieser Bericht nicht möglich gewesen.

Schließlich möchten wir unsere besondere Wertschätzung für die Geschäftsstellen der Arbeitsgruppen zum Ausdruck bringen, deren unermüdeliches Engagement, Professionalität und Enthusiasmus die Anfertigung des vorliegenden Sonderberichts leitete. Dieser Bericht hätte nicht erstellt werden können ohne die Einsatzbereitschaft der Mitglieder der Geschäftsstelle von Arbeitsgruppe III, die – alle neu im IPCC – sich der beispiellosen AR6-Herausforderung gestellt haben und in jeglicher Hinsicht für die Erstellung des Berichts unverzichtbar

\* Anmerkung des Übersetzers: Wenn in den nachfolgenden Texten nur eine Geschlechtsform genannt ist, sind immer alle geschlechtlichen Ausprägungen gemeint.

\*\* Anmerkung des Übersetzers: Wissenschaftler, die in speziell dafür geschaffenen Anstellungen die Koordinierenden Leitautoren bei der Berichtserstellung unterstützten.

waren: Raphael Slade, Lizzie Huntley, Katie Kissick, Malek Belkacemi, Renée van Diemen, Marion Ferrat, Eamon Haughey, Bhushan Kankal, Génisha Losboa, Sigourney Luz, Juliette Malley, Suvadip Neogi, Minal Pathak, Joana Portugal Pereira und Purvi Vyas. Unser herzlicher Dank gilt der kollegialen und kooperativen Unterstützung durch Sarah Connors, Melissa Gomis, Robin Matthews, Wilfran Moufouma-Okia, Clotilde Péan, Roz Pidcock, Anna Pirani, Tim Waterfield und Baiquan Zhou von der Geschäftsstelle von Arbeitsgruppe I sowie Jan Petzold, Bard Rama, Maïke Nicolai, Elvira Poloczanska, Melinda Tignor und Nora Weyer von der Geschäftsstelle von Arbeitsgruppe II.

Und zum Schluss ein herzliches Dankeschön an Familie und Freunde, welche die Arbeit indirekt unterstützt haben, indem sie die Zeit, welche die Autoren außer Haus verbrachten, die langen Arbeitsstunden und ihre Vertiefung in den Prozess der Erstellung dieses Berichts tolerierten.



**Valérie Masson-Delmotte**  
Ko-Vorsitzende von Arbeitsgruppe I



**Panmao Zhai**  
Ko-Vorsitzender von Arbeitsgruppe I



**Hans-Otto Pörtner**  
Ko-Vorsitzender von Arbeitsgruppe II



**Debra Roberts**  
Ko-Vorsitzende von Arbeitsgruppe III



**Jim Skea**  
Ko-Vorsitzender von Arbeitsgruppe III



**Eduardo Calvo Buendía**  
Ko-Vorsitzender TFI



**Priyadarshi R. Shukla**  
Ko-Vorsitzender von Arbeitsgruppe III

## Einleitung

Dieser Sonderbericht über Klimawandel und Landsysteme<sup>1</sup> wurde aufgrund der Entscheidung des IPCC im Jahr 2016, im Verlauf des Sechsten Berichtszyklus drei Sonderberichte<sup>2</sup> zu erstellen, verfasst und berücksichtigt Vorschläge von Regierungen und Beobachterorganisationen<sup>3</sup>. Dieser Bericht befasst sich mit Treibhausgasflüssen in landbasierten Ökosystemen, Landnutzung und nachhaltigem Landmanagement<sup>4</sup> im Zusammenhang mit Anpassung an den Klimawandel und dessen Minderung, Desertifikation<sup>5</sup>, Landdegradierung<sup>6</sup> und Ernährungssicherheit<sup>7</sup>. Dieser Bericht folgt auf die Veröffentlichung anderer jüngster Berichte, einschließlich des *IPCC-Sonderberichts über 1,5 °C globale Erwärmung* (SR1.5), der thematischen Bewertung der Zwischenstaatlichen Plattform für Biodiversität und Ökosystemleistungen (IPBES) von Landdegradierung und -wiederherstellung, des Globalen IPBES-Sachstandsberichts über Biodiversität und Ökosystemleistungen sowie des *Global Land Outlook* des Übereinkommens der Vereinten Nationen zur Bekämpfung der Desertifikation (UNCCD). Dieser Bericht bietet eine aktualisierte Bewertung des aktuellen Wissensstandes und strebt gleichzeitig Kohärenz und Komplementarität mit anderen kürzlich erschienenen Berichten an<sup>8</sup>.

Diese Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger (SPM) ist in vier Teile gegliedert: A) *Menschen, Landsysteme und Klima in einer wärmer werdenden Welt*; B) *Handlungsoptionen im Bereich Anpassung und Minderung*; C) *Handlungsoptionen ermöglichen*; und D) *Zeitnahe Maßnahmen*.

Das Vertrauen in die wichtigsten Ergebnisse wird mit Hilfe der IPCC-Sprachregelung angegeben; die zugrundeliegende wissenschaftliche Basis jedes Schlüsselergebnisses wird durch Verweise auf den Hauptbericht angegeben<sup>9</sup>.

<sup>1</sup> Der terrestrische Teil der Biosphäre, der die natürlichen Ressourcen (Boden, oberflächennahe Luft, Vegetation und andere Lebewesen sowie Wasser), die ökologischen Prozesse, Topographie sowie menschliche Siedlungen und Infrastruktur umfasst, die innerhalb dieses Systems relevant sind.

\* Anmerkung des Übersetzers: Der englische Begriff „land“ wird in dieser Übersetzung mit „Landsysteme“ wiedergegeben.

<sup>2</sup> Die drei Sonderberichte sind: *1,5 °C globale Erwärmung: Ein IPCC-Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut; Klimawandel und Landsysteme: Ein IPCC-Sonderbericht über Klimawandel, Desertifikation, Landdegradierung, nachhaltiges Landmanagement, Ernährungssicherheit und Treibhausgasflüsse in terrestrischen Ökosystemen; Der Ozean und die Kryosphäre in einem sich wandelnden Klima*.

<sup>3</sup> Andere Vorschläge in diesem Zusammenhang waren: „Klimawandel und Desertifikation“, „Desertifikation mit regionalen Aspekten“, „Landdegradierung – Eine Bewertung der Zusammenhänge und integrierten Strategien zur Minderung und Anpassung“, „Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung“, „Ernährung und Landwirtschaft“ sowie „Ernährungssicherheit und Klimawandel“.

<sup>4</sup> Nachhaltiges Landmanagement ist in diesem Bericht definiert als „Verwaltung und Nutzung von Landressourcen einschließlich Böden, Wasser, Tieren und Pflanzen, um wechselnde menschliche Bedürfnisse zu decken und gleichzeitig das langfristige produktive Potenzial dieser Ressourcen sowie die Erhaltung ihrer ökologischen Funktionen zu bewahren“.

<sup>5</sup> Desertifikation ist in diesem Bericht definiert als „Landdegradierung in ariden, semiariden und trockenen subhumiden Gebieten aufgrund von vielen Faktoren, einschließlich Klimaänderungen und menschlicher Aktivitäten“.

<sup>6</sup> Landdegradierung ist in diesem Bericht definiert als „eine negative Entwicklung des Zustands von Landsystemen durch direkte oder indirekte menschlich bedingte Prozesse, einschließlich des menschengemachten Klimawandels; sie wird ausgedrückt als langfristige Abnahme und als Verlust mindestens eines der folgenden Aspekte: biologische Produktivität, ökologische Integrität oder Wert für den Menschen“.

<sup>7</sup> Ernährungssicherheit ist in diesem Bericht definiert als „eine Situation, die herrscht, wenn alle Menschen zu jeder Zeit physischen, sozialen und wirtschaftlichen Zugang zu ausreichend, sicherer und nahrhafter Nahrung haben, welche die Ernährungsbedürfnisse und Nahrungsmittelvorlieben für ein aktives und gesundes Leben erfüllen“.

<sup>8</sup> Die Bewertung umfasst Literatur, die bis zum 7. April 2019 zur Veröffentlichung angenommen wurde.

<sup>9</sup> Jedes Ergebnis beruht auf einer Beurteilung der zugrundeliegenden Belege und der Übereinstimmung. Ein Vertrauensniveau wird unter der Verwendung von fünf Abstufungen angegeben: *sehr gering*, *gering*, *mittel*, *hoch* und *sehr hoch*, und kursiv gesetzt, zum Beispiel *mittleres Vertrauen*. Folgende Begriffe wurden verwendet, um die bewertete Wahrscheinlichkeit eines Ergebnisses anzugeben: *praktisch sicher* 99–100 % Wahrscheinlichkeit, *sehr wahrscheinlich* 90–100 %, *wahrscheinlich* 66–100 %, *etwa ebenso wahrscheinlich wie nicht* 33–66 %, *unwahrscheinlich* 0–33 %, *sehr unwahrscheinlich* 0–10 %, *besonders unwahrscheinlich* 0–1 %. Zusätzliche Begriffe (*äußerst wahrscheinlich* 95–100 %, *eher wahrscheinlich als nicht* > 50–100 %, *eher unwahrscheinlich als wahrscheinlich* 0–50 %, *äußerst unwahrscheinlich* 0–5 %) können ebenfalls verwendet werden, wo angebracht. Bewertete Wahrscheinlichkeiten werden kursiv gesetzt, zum Beispiel *sehr wahrscheinlich*. Gleiches galt für den AR5

Anmerkung des Übersetzers: In dieser Übersetzung wird der weitgefaste 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.



## A. Menschen, Landsysteme und Klima in einer wärmer werdenden Welt

- A.1 **Landsysteme bilden die Hauptgrundlage für die Existenz und das Wohlergehen von Menschen, einschließlich der Bereitstellung von Nahrung, Trinkwasser und vielen weiteren Ökosystemleistungen sowie der biologischen Vielfalt. Die Nutzung durch den Menschen beeinflusst über 70 % (wahrscheinlich 69–76 %) der globalen eisfreien Landoberfläche (hohes Vertrauen). Landsysteme spielen auch eine wichtige Rolle im Klimasystem. (Abbildung SPM.1) {1.1, 1.2, 2.3, 2.4}**
- A.1.1 Menschen nutzen derzeit ein Viertel bis ein Drittel der potenziellen Nettoprimärproduktion<sup>10</sup> von Landsystemen für Nahrung, Futtermittel, Fasern, Holz und Energie. Landsysteme bieten die Grundlage für viele andere Ökosystemfunktionen und -leistungen<sup>11</sup>, einschließlich Kultur- und Regulierungsleistungen, die von wesentlicher Bedeutung für die Menschheit sind (hohes Vertrauen). In einem bestimmten wirtschaftlichen Ansatz wurde den terrestrischen Ökosystemleistungen der Welt ein Wert zugeschrieben, der pro Jahr ungefähr dem jährlichen globalen Bruttoinlandsprodukt entspricht<sup>12</sup> (mittleres Vertrauen). (Abbildung SPM.1) {1.1, 1.2, 3.2, 4.1, 5.1, 5.5}
- A.1.2 Landsysteme sind sowohl Quelle als auch Senke von Treibhausgasen und spielen eine Schlüsselrolle beim Austausch von Energie, Wasser und Aerosolen zwischen Landoberfläche und Atmosphäre. Landökosysteme und -biodiversität sind in unterschiedlichem Maße anfällig für den anhaltenden Klimawandel sowie für Wetter- und Klimaextreme. Nachhaltiges Landmanagement kann dazu beitragen, negative Folgen mehrerer Stressoren, einschließlich des Klimawandels, für Ökosysteme und Gesellschaften zu verringern (hohes Vertrauen). (Abbildung SPM.1) {1.1, 1.2, 3.2, 4.1, 5.1, 5.5}
- A.1.3 Von 1961 an verfügbare Daten<sup>13</sup> zeigen, dass das Wachstum der Weltbevölkerung und Veränderungen des Pro-Kopf-Verbrauchs von Nahrungsmitteln, Futtermitteln, Fasern, Holz und Energie zu beispiellosen Raten der Land- und Süßwassernutzung geführt haben (sehr hohes Vertrauen), wobei derzeit etwa 70 % des globalen Süßwassereinsatzes auf die Landwirtschaft entfallen (mittleres Vertrauen). Erweiterung von land- und forstwirtschaftlichen Flächen, einschließlich kommerzieller Produktion, und gesteigerte Produktivität in Land- und Forstwirtschaft haben Konsum und Nahrungsmittelverfügbarkeit für eine wachsende Bevölkerung unterstützt (hohes Vertrauen). Diese Veränderungen haben mit großen regionalen Unterschieden zu einem Anstieg der Netto-treibhausgasemissionen (sehr hohes Vertrauen), zum Verlust natürlicher Ökosysteme (z. B. Wälder, Savannen, natürliche Grasland-schaften und Feuchtgebiete) sowie zu abnehmender Biodiversität (hohes Vertrauen) beigetragen. (Abbildung SPM.1) {1.1, 1.3, 5.1, 5.5}
- A.1.4 Von 1961 an verfügbare Daten zeigen, dass sich das Pro-Kopf-Angebot an pflanzlichen Ölen und Fleisch mehr als verdoppelt hat und das Angebot an Nahrungskalorien pro Kopf um etwa ein Drittel gestiegen ist (hohes Vertrauen). Derzeit gehen 25–30 % der insgesamt produzierten Lebensmittel verloren oder werden verschwendet (mittleres Vertrauen). Diese Faktoren sind mit zusätzlichen Treibhausgasemissionen verbunden (hohes Vertrauen). Änderungen des Konsumverhaltens haben dazu beigetragen, dass etwa 2 Milliarden Erwachsene jetzt übergewichtig oder fettleibig sind (hohes Vertrauen). Schätzungsweise 821 Millionen Menschen sind immer noch unterernährt (hohes Vertrauen). (Abbildung SPM.1) {1.1, 1.3, 5.1, 5.5}
- A.1.5 Etwa ein Viertel der eisfreien Landfläche der Erde ist von durch Menschen verursachter Degradierung betroffen (mittleres Vertrauen). Die Bodenerosion von landwirtschaftlichen Flächen wird derzeit als 10- bis 20-fach (keine Bodenbearbeitung) bis zu mehr als 100-fach (konventionelle Bodenbearbeitung) höher beziffert als die Bodenbildungsrate (mittleres Vertrauen). Der Klimawandel verschärft Landdegradierung, insbesondere in niedrig gelegenen Küstengebieten, Flussdeltas, Trocken- und Permafrostgebieten (hohes Vertrauen). Im Zeitraum 1961–2013 hat die jährliche Fläche von Trockengebieten mit Dürre zugenommen, durchschnittlich um etwas mehr als 1 % pro Jahr, wobei große interne Variabilität besteht. Im Jahr 2015 lebten etwa 500 (380–620) Millionen Menschen in Gebieten, die zwischen den 1980er und 2000er Jahren von Desertifikation betroffen waren. Die meisten betroffenen Menschen leben in Süd- und Ostasien, in den an die Sahara angrenzenden Gebieten einschließlich Nordafrika sowie im Nahen Osten einschließlich der arabischen Halbinsel (geringes Vertrauen). Auch andere Trockengebiete waren von Desertifikation betroffen. Menschen, die in bereits geschädigten oder desertifizierten Gebieten leben, sind zunehmend negativ vom Klimawandel betroffen (hohes Vertrauen). (Abbildung SPM.1) {1.1, 1.2, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3}

<sup>10</sup> Die potenzielle Nettoprimärproduktion (NPP) von Landsystemen wird in diesem Bericht definiert als „die Menge des durch Photosynthese gebundenen Kohlenstoffs abzüglich der durch Pflanzenatmung verlorenen Menge über einen bestimmten Zeitraum, die ohne Landnutzung vorherrschen würde“.

<sup>11</sup> In seinem konzeptionellen Rahmen nutzt IPBES den Begriff „Beiträge der Natur für die Menschen“, der auch ökosystemare Güter und Leistungen umfasst.

<sup>12</sup> D. h. mit 75 Billionen US-Dollar für 2011 beziffert, basierend auf US-Dollar für 2007.

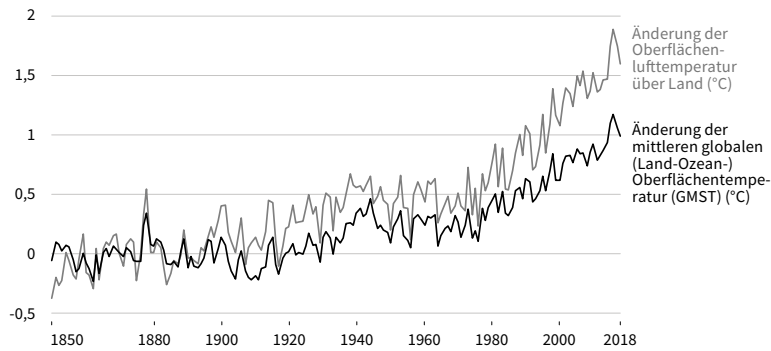
<sup>13</sup> Diese Aussage basiert auf den umfangreichsten Daten aus über FAOSTAT verfügbaren nationalen Statistiken, die 1961 beginnen. Dies bedeutet nicht, dass die Veränderungen 1961 begonnen haben. Die Landnutzung hat sich seit weit vor der vorindustriellen Zeit bis heute verändert.

## Landnutzung und beobachteter Klimawandel

### A. Beobachtete Temperaturänderung gegenüber 1850–1900

Seit der vorindustriellen Zeit (1850–1900) ist die beobachtete mittlere Lufttemperatur der Landoberfläche deutlich stärker gestiegen als die mittlere globale Oberflächentemperatur (Land und Ozean; *global mean surface temperature*, GMST).

TEMPERATURÄNDERUNG gegenüber 1850–1900 (°C)

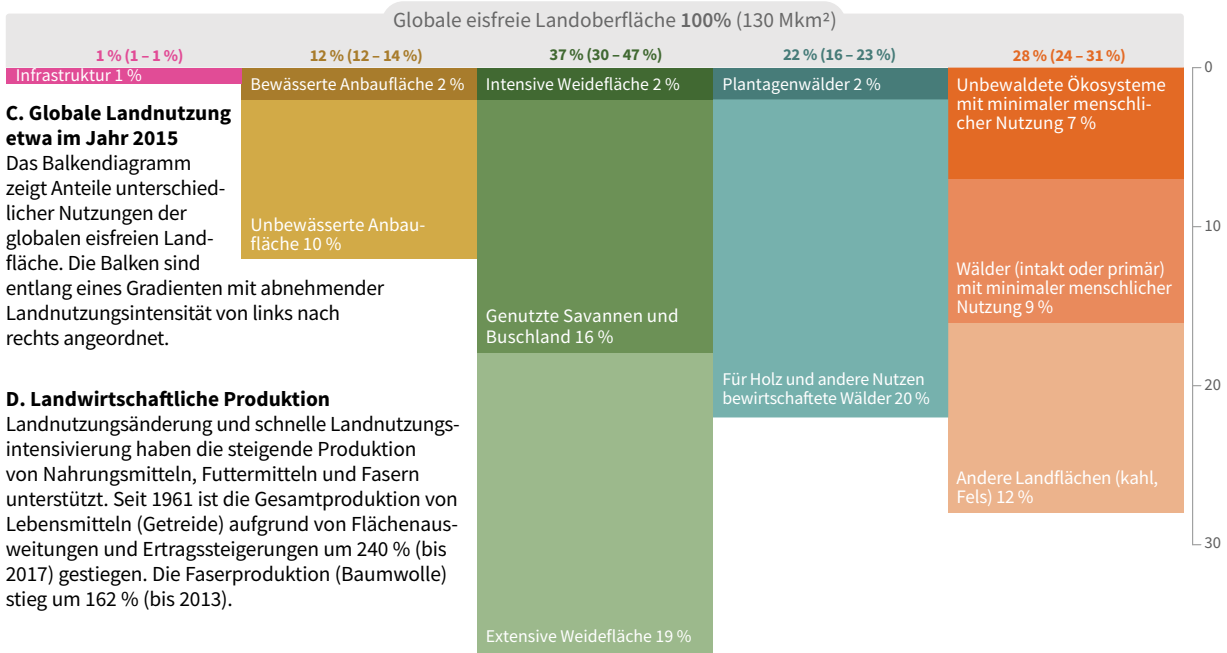
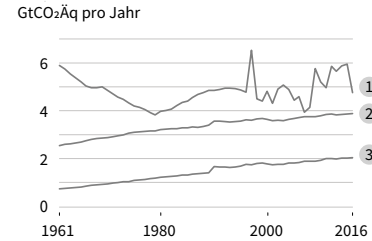


### B. Treibhausgasemissionen

Schätzungsweise 23 % der gesamten anthropogenen Treibhausgasemissionen (2007–2016) stammen aus Landwirtschaft, Forstwirtschaft und anderer Landnutzung (AFOLU)

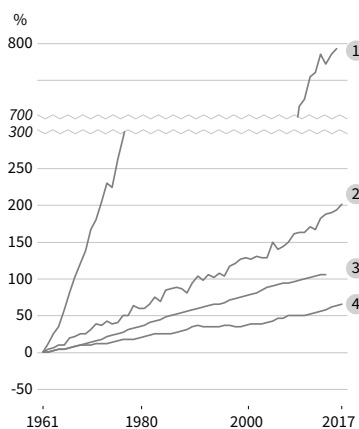
ÄNDERUNG der EMISSIONEN gegenüber 1961

- 1 Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen aus FOLU (GtCO<sub>2</sub> pro Jahr)
- 2 CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Landwirtschaft (GtCO<sub>2</sub>Äq pro Jahr)
- 3 N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Landwirtschaft (GtCO<sub>2</sub>Äq pro Jahr)



ÄNDERUNG in % gegenüber 1961

- 1 Anorganischer N-Düngemiteinsatz
- 2 Getreideerträge
- 3 Menge an Bewässerungswasser
- 4 Gesamtzahl an Wiederkäuern als Nutztiere

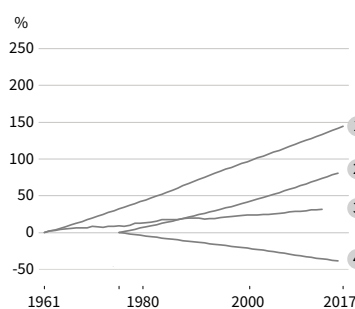


### E. Nahrungsbedarf

Produktionssteigerungen sind mit Änderungen des Verbrauchs verbunden.

ÄNDERUNG in % gegenüber 1961 und 1975

- 1 Bevölkerung
- 2 Vorherrschen von Übergewicht + Fettleibigkeit
- 3 Gesamtkalorien pro Kopf
- 4 Vorherrschen von Untergewicht

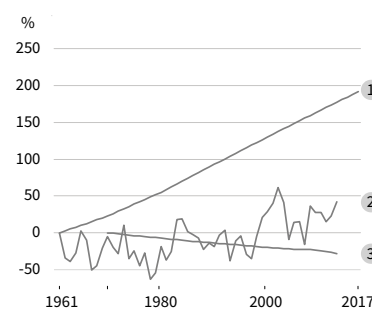


### F. Desertifikation und Landdegradierung

Landnutzungsänderung, Landnutzungsintensivierung und Klimawandel haben zu Desertifikation und Landdegradierung beigetragen.

ÄNDERUNG in % gegenüber 1961 und 1970

- 1 Bevölkerung in Gebieten mit Desertifikation
- 2 Trockengebiete jährlich unter Dürre
- 3 Ausdehnung von Binnenfeuchtgebieten



**Abbildung SPM.1: Landnutzung und beobachteter Klimawandel.** | Eine Darstellung von in diesem Sachstandsbericht behandelte Landnutzung und beobachtetem Klimawandel. Tafeln A–F zeigen den Status und Trends ausgewählter Landnutzungs- und Klimavariablen, die viele der in diesem Bericht behandelten Kernthemen repräsentieren. Die jährlichen Zeitreihen in B und D–F basieren auf den umfassendsten, verfügbaren Daten aus nationalen Statistiken, in den meisten Fällen FAOSTAT mit Beginn 1961. Y-Achsen in den Tafeln D–F werden relativ zum Startjahr der Zeitreihen angegeben (umgerechnet auf Null). Datenquellen und Hinweise: **A:** Die Erwärmungskurven sind Durchschnittswerte aus vier Datensätzen (2.1, Abbildung 2.2, Tabelle 2.1) **B:** N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> aus der Landwirtschaft stammen von FAOSTAT; Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen aus FOLU unter Verwendung der Mittelwerte von zwei Bilanzierungsmodellen (einschließlich der Emissionen aus Torfmoorbränden seit 1997). Alle Werte in Einheiten des CO<sub>2</sub>-Äquivalents basieren auf 100-Jahres-Global-Warming-Potential-Werten aus dem AR5 ohne Klima-Kohlenstoff-Rückkopplungen (N<sub>2</sub>O = 265; CH<sub>4</sub> = 28). (Tabelle SPM.1) {1.1, 2.3} **C:** Stellt Anteile verschiedener Nutzungen der globalen, eisfreien Landfläche für etwa das Jahr 2015 dar, geordnet entlang eines Gradienten abnehmender Landnutzungsintensität von links nach rechts. Jeder Balken stellt eine weitgefassete Landbedeckungskategorie dar; die Zahlen oben sind der Gesamtprozentsatz der bedeckten eisfreien Fläche; Unsicherheitsangaben in Klammern. „Intensive Weidehaltung“ ist definiert als eine Viehdichte von mehr als 100 Tieren pro Quadratkilometer. Die Fläche an „für Holz und andere Zwecke bewirtschafteten Waldes“ wurde als Gesamtwaldfläche abzüglich der „primären/intakten“ Waldfläche berechnet. {1.2, Tabelle 1.1, Abbildung 1.3} **D:** Bitte beachten: Der Düngemittleinsatz ist auf einer geteilten Achse dargestellt. Die große prozentuale Veränderung des Düngemittleinsatzes spiegelt den geringen Einsatz im Jahr 1961 wider und bezieht sich sowohl auf den zunehmenden Düngemittleinsatz pro Fläche als auch auf die Ausweitung von gedüngter Acker- und Grünfläche zur Steigerung der Nahrungsmittelproduktion. {1.1, Abbildung 1.3} **E:** Übergewicht ist definiert als *Body-Mass-Index* (BMI) > 25 kg pro Quadratmeter, Untergewicht als BMI < 18,5 kg pro Quadratmeter. {5.1, 5.2} **F:** Trockengebietflächen wurden ermittelt, indem Daten zu Niederschlag und potenzieller Evapotranspiration (1980–2015) aus TerraClimate genutzt wurden, um die Flächen zu identifizieren, auf denen der Ariditätsindex unter 0,65 liegt. Die Bevölkerungsdaten stammen aus der HYDE3.2-Datenbank. Dürregebiete basieren auf dem über 12 Monate kumulierten *Global Precipitation Climatology Centre Drought Index*. Die Ausdehnung von Binnenfeuchtgebieten (einschließlich Torfmoore) basiert auf aggregierten Daten aus mehr als 2 000 Zeitreihen, die über Veränderungen der Ausdehnung lokaler Feuchtgebiete im Laufe der Zeit berichten. {3.1, 4.2, 4.6}

**A.2 Seit der vorindustriellen Zeit ist die Lufttemperatur über der Landoberfläche beinahe doppelt so stark angestiegen wie die globale Durchschnittstemperatur (hohes Vertrauen). Der Klimawandel, einschließlich Zunahmen in Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen, hat sowohl negative Folgen für die Ernährungssicherheit und terrestrische Ökosysteme gehabt als auch zu Desertifikation und Landdegradierung in vielen Regionen beigetragen (hohes Vertrauen).** {2.2, 3.2, 4.2, 4.3, 4.4, 5.1, 5.2, Executive Summary Kapitel 7, 7.2}

- A.2.1 Seit der vorindustriellen Zeit (1850–1900) ist die beobachtete mittlere Lufttemperatur an der Landoberfläche deutlich stärker gestiegen als die mittlere globale Oberflächentemperatur über Land und Ozean (*global mean surface temperature*, GMST) (*hohes Vertrauen*). Von 1850–1900 bis 2006–2015 ist die mittlere Lufttemperatur an der Landoberfläche um 1,53 °C gestiegen (*sehr wahrscheinliche* Bandbreite 1,38 °C bis 1,68 °C), während die GMST um 0,87 °C gestiegen ist (*wahrscheinliche* Bandbreite 0,75 °C bis 0,99 °C). (Abbildung SPM.1) {2.2.1}
- A.2.2 Die Erwärmung hat in den meisten Gebieten an Land zu einer erhöhten Häufigkeit, Intensität und Dauer von Hitzeereignissen geführt, einschließlich Hitzewellen<sup>14</sup> (*hohes Vertrauen*). Die Häufigkeit und Intensität von Dürren hat in manchen Gebieten (einschließlich des Mittelmeerraums, Westasiens, vieler Teile Südamerikas, eines Großteils Afrikas und Nordostasiens) zugenommen (*mittleres Vertrauen*), und starke Niederschlagsereignisse wurden auf globaler Ebene intensiver (*mittleres Vertrauen*). {2.2.5, 4.2.3, 5.2}
- A.2.3 Satellitenbeobachtungen<sup>15</sup> haben gezeigt, dass die Vegetation in den letzten drei Jahrzehnten in Teilen Asiens, Europas, Südamerikas, Zentralnordamerikas und Südostaustraliens ergrünt ist<sup>16</sup>. Zu den Gründen für das Ergrünen gehören Kombinationen aus einer verlängerten Vegetationszeit, Stickstoffeintrag, CO<sub>2</sub>-Düngung<sup>17</sup> und Landmanagement (*hohes Vertrauen*). Braunfärbung der Vegetation<sup>18</sup> wurde in manchen Regionen, darunter Nordeurasien, Teile Nordamerikas, Zentralasien und das Kongo-Becken, vor allem als Folge von Wasserstress beobachtet (*mittleres Vertrauen*). Global gesehen ist Ergrünen der Vegetation über eine größere Fläche als Braunfärbung aufgetreten (*hohes Vertrauen*). {2.2.3, Box 2.3, 2.2.4, 3.2.1, 3.2.2, 4.3.1, 4.3.2, 4.6.2, 5.2.2}
- A.2.4 Häufigkeit und Intensität von Staubstürmen haben in den letzten Jahrzehnten aufgrund von Landnutzungs- und Landbedeckungsänderungen sowie klimabedingten Faktoren in vielen Trockengebieten zugenommen, was in Regionen wie der Arabischen Halbinsel und im weiteren Mittleren Osten oder Zentralasien zu mehr negativen Folgen für die menschliche Gesundheit führte (*hohes Vertrauen*)<sup>19</sup>. {2.4.1, 3.4.2}

<sup>14</sup> Eine Hitzewelle ist in diesem Bericht definiert als „eine Periode ungewöhnlich heißen Wetters“. Hitzewellen und Wärmeeinbrüche haben verschiedene Ursachen und in manchen Fällen überschneidende Definitionen.

<sup>15</sup> Die Interpretation von Satellitenbeobachtungen kann durch eine unzureichende Validierung am Boden und Sensorkalibrierung beeinträchtigt werden. Darüber hinaus kann ihre räumliche Auflösung die Auflösung kleinräumiger Änderungen erschweren.

<sup>16</sup> Ergrünen von Vegetation wird in diesem Bericht definiert als „eine Zunahme der photosynthetisch aktiven pflanzlichen Biomasse, die aus Satellitenbeobachtungen ermittelt wird“.

<sup>17</sup> CO<sub>2</sub>-Düngung ist in diesem Bericht definiert als „die Steigerung des Pflanzenwachstums durch erhöhte atmosphärische Kohlendioxid-(CO<sub>2</sub>)-Konzentration“. Das Ausmaß der CO<sub>2</sub>-Düngung hängt von der Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit ab.

<sup>18</sup> Braunfärbung von Vegetation wird in diesem Bericht definiert als „ein Rückgang der photosynthetisch aktiven pflanzlichen Biomasse, die aus Satellitenbeobachtungen ermittelt wird“.

<sup>19</sup> Belege bezüglich solcher Trends bei Staubstürmen und gesundheitlichen Folgen in anderen Regionen sind in der in diesem Bericht bewerteten Literatur begrenzt.

- SPM**
- A.2.5 In manchen Trockengebieten haben erhöhte Lufttemperatur und Evapotranspiration an der Landoberfläche sowie eine geringere Niederschlagsmenge in Wechselwirkung mit Klimaschwankungen und menschlichen Aktivitäten zur Desertifikation beigetragen. Zu diesen Gebieten gehören Subsahara-Afrika, Teile Ost- und Zentralasiens sowie Australien. (*mittleres Vertrauen*) {2.2, 3.2.2, 4.4.1}
- A.2.6 Die globale Erwärmung hat in vielen Weltregionen zu Verschiebungen der Klimazonen geführt, darunter die Ausdehnung arider Klimazonen und das Schrumpfen von polaren Klimazonen (*hohes Vertrauen*). Infolgedessen haben sich für viele Pflanzen- und Tierarten die Verbreitungsgebiete und Populationsdichten verändert und saisonale Aktivitäten verlagert (*hohes Vertrauen*). {2.2, 3.2.2, 4.4.1}
- A.2.7 Der Klimawandel kann Landdegradierungsprozesse verschärfen (*hohes Vertrauen*), unter anderem durch Zunahme von Niederschlagsintensität, Überschwemmungen, Dürrehäufigkeit und -ausmaß, Hitzebelastung, Trockenzeiten, Wind, Meeresspiegelanstieg und Wellentätigkeit sowie des Tauens von Permafrost, wobei das Landmanagement Einfluss auf die Konsequenzen hat. Bereits stattfindende Küstenerosion verstärkt sich und wirkt sich auf mehr Regionen aus, wobei in manchen Regionen der Meeresspiegelanstieg zu der Belastung durch Landnutzung hinzukommt (*mittleres Vertrauen*). {4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.4.1, 4.4.2, 4.9.6, Tabelle 4.1, 7.2.1, 7.2.2}
- A.2.8 Der Klimawandel hat aufgrund von Erwärmung, veränderten Niederschlagsmustern und größerer Häufigkeit mancher Extremereignisse bereits die Ernährungssicherheit beeinflusst (*hohes Vertrauen*). Studien, die den Klimawandel von anderen Faktoren mit Einfluss auf Ernteerträge trennen, haben gezeigt, dass die Ernteerträge mancher Nutzpflanzen (z. B. Mais und Weizen) in vielen Regionen niedriger Breitengrade negativ von beobachteten Klimaänderungen beeinflusst wurden, während in vielen Regionen höherer Breitengrade die Ernteerträge mancher Nutzpflanzen (z. B. Mais, Weizen und Zuckerrüben) in den letzten Jahrzehnten positiv beeinflusst wurden (*hohes Vertrauen*). Der Klimawandel hat zu niedrigeren Tierwachstumsraten und geringerer Produktivität in Weidewirtschaftssystemen in Afrika geführt (*hohes Vertrauen*). Es gibt belastbare Belege dafür, dass landwirtschaftliche Schädlinge und Krankheiten bereits auf den Klimawandel reagiert haben, was sowohl zu Erhöhungen als auch Abnahmen von Befall führt (*hohes Vertrauen*). Basierend auf indigenem und lokalem Wissen beeinträchtigt der Klimawandel die Ernährungssicherheit in Trockengebieten, insbesondere denjenigen in Afrika, und in Hochgebirgsregionen Asiens und Südamerikas.<sup>20</sup> {5.2.1, 5.2.2, 7.2.2}
- A.3 Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung (*Agriculture, Forestry and other Land Use, AFOLU*) waren im Zeitraum 2007–2016 für rund 13 % der CO<sub>2</sub>, 44 % der Methan- (CH<sub>4</sub>) und 81 % der Lachgasemissionen (N<sub>2</sub>O) aus menschlichen Aktivitäten weltweit verantwortlich, was 23 % (12,0 ± 2,9 Gt CO<sub>2</sub>-Äq pro Jahr) der gesamten anthropogenen Nettotreibhausgasemissionen<sup>21</sup> ausmacht (*mittleres Vertrauen*). Die natürliche Reaktion von Ökosystemen auf menschengemachte Umweltveränderungen erzeugte im Zeitraum 2007–2016 eine Nettosenke von rund 11,2 Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr (entspricht 29 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen) (*mittleres Vertrauen*); die Beständigkeit der Senke ist aufgrund des Klimawandels unsicher (*hohes Vertrauen*). Wenn man die Emissionen im Zusammenhang mit den Prozessen vor und nach der Produktion im globalen Ernährungssystem<sup>22</sup> mit berücksichtigt, werden die Emissionen auf 21–37 % der gesamten anthropogenen Nettotreibhausgasemissionen geschätzt (*mittleres Vertrauen*). {2.3, Tabelle 2.2, 5.4}**
- A.3.1 Landsysteme sind gleichzeitig CO<sub>2</sub>-Quelle und -Senke, sowohl aufgrund anthropogener als auch natürlicher Faktoren, was es schwierig macht, anthropogene von natürlichen Flüssen zu trennen (*sehr hohes Vertrauen*). Globale Modelle beziffern die Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Landnutzung und Landnutzungsänderung im Zeitraum 2007–2016 mit 5,2 ± 2,6 Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr (*wahrscheinliche* Bandbreite). Diese Nettoemissionen sind hauptsächlich auf Entwaldung zurückzuführen und werden teilweise durch (Wieder-)Aufforstung sowie durch Emissionen und Entnahmen aufgrund von anderen Landnutzungsaktivitäten ausgeglichen (*sehr hohes Vertrauen*)<sup>23</sup>. Seit 1990 gibt es keinen klaren Trend bei den jährlichen Emissionen (*mittleres Vertrauen*). (Abbildung SPM.1, Tabelle SPM.1) {1.1, 2.3, Tabelle 2.2, Tabelle 2.3}

<sup>20</sup> Die Bewertung umfasste Literatur, zu deren Methoden Interviews und Umfragen mit indigenen Völkern und lokalen Gemeinschaften gehörten.

<sup>21</sup> Diese Auswertung beinhaltet nur CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O.

<sup>22</sup> Das globale Ernährungssystem ist in diesem Bericht definiert als „alle Elemente (Umwelt, Menschen, Inputs, Prozesse, Infrastrukturen, Institutionen usw.) und Aktivitäten, die mit der Produktion, Verarbeitung, Verteilung, Zubereitung und dem Konsum von Nahrungsmitteln in Zusammenhang stehen, sowie die Ergebnisse dieser Aktivitäten, einschließlich sozioökonomischer und ökologischer Konsequenzen auf globaler Ebene“. Diese Emissionsdaten sind nicht direkt mit den nationalen Inventaren vergleichbar, die nach den IPCC-Richtlinien für nationale Treibhausgasinventare von 2006 erstellt wurden.

<sup>23</sup> Der anthropogene Netto-CO<sub>2</sub>-Fluss aus „(Kohlenstoff-)Bilanzierungs“-Modellen setzt sich aus zwei gegenläufigen Brutto-Flüssen zusammen: Die Brutto-Emissionen (ca. 20 Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr) stammen aus Entwaldung, Bodenbearbeitung und Oxidation von Holzprodukten; die Bruttoentnahmen (ca. 14 Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr) stammen größtenteils aus dem Waldwachstum nach Holzernte und landwirtschaftlicher Aufgabe (*mittleres Vertrauen*).

- A.3.2 Die natürliche Reaktion von Landsystemen auf vom Menschen verursachte Umweltveränderungen wie z. B. steigende CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre, Stickstoffablagerung und Klimawandel führten im Zeitraum 2007–2016 zu globalen Nettoentnahmen von  $11,2 \pm 2,6$  Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr (*wahrscheinliche* Bandbreite). Die Summe der Nettoentnahmen aufgrund dieser Reaktion und der AFOLU-Nettoemissionen ergibt einen gesamten Netto-Land-Atmosphäre-Fluss, der im Zeitraum 2007–2016  $6,0 \pm 3,7$  Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr entfernte (*wahrscheinliche* Bandbreite). Zukünftige Nettoanstiege der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Vegetation und Böden aufgrund des Klimawandels werden laut Projektionen vermehrten Entnahmen aufgrund von CO<sub>2</sub>-Düngung und längeren Vegetationsperioden entgegenwirkten (*hohes Vertrauen*). Das Gleichgewicht zwischen diesen Prozessen ist eine bedeutende Unsicherheitsquelle bei der Bestimmung der Zukunft von Kohlenstoffsinken in Landsystemen. Es wird erwartet, dass das projizierte Auftauen des Permafrostes den Verlust an Bodenkohlenstoff erhöht (*hohes Vertrauen*). Während des 21. Jahrhunderts könnte das Vegetationswachstum in diesen Gebieten diesen Verlust teilweise kompensieren (*geringes Vertrauen*). (Tabelle SPM.1) {Box 2.3, 2.3.1, 2.5.3, 2.7, Tabelle 2.3}
- A.3.3 Globale Modelle und nationale Treibhausgasinventare verwenden unterschiedliche Methoden, um anthropogene CO<sub>2</sub>-Emissionen und -Entnahmen für den Landsektor zu beziffern. Beide liefern Angaben, die bezüglich von Landnutzungsänderung im Wald (z. B. Entwaldung, Aufforstung) in enger Übereinstimmung stehen und für bewirtschafteten Wald unterschiedlich sind. Globale Modelle betrachten in Übereinstimmung mit den IPCC-Richtlinien Flächen, auf denen geerntet wurde, als bewirtschafteten Wald, während nationale Treibhausgasinventare bewirtschafteten Wald breiter definieren. Auf dieser größeren Fläche können Inventare auch die natürliche Reaktion von Landsystemen auf anthropogene Umweltveränderungen als anthropogen betrachten, während der Ansatz von globalen Modellen (Tabelle SPM.1) diese Reaktion als Teil der nicht-anthropogenen Senke behandelt. Zur Veranschaulichung: Von 2005 bis 2014 beträgt die Summe der Nettoemissionsangaben  $0,1 \pm 1,0$  Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr, während der Mittelwert zweier globaler Bilanzierungsmodelle  $5,1 \pm 2,6$  Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr (*wahrscheinliche* Bandbreite) beträgt. Die Berücksichtigung von Unterschieden zwischen Methoden kann das Verständnis der Berechnungen von Nettoemissionen des Landsektors und deren Anwendungen verbessern. {2.4.1, 2.7.3, Abbildung 2.5, Box 2.2}

**Anthropogene Nettoemissionen durch Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung (AFOLU) und Nicht-AFOLU (Tafel 1) sowie globale Ernährungssysteme (Durchschnitt 2007–2016)<sup>1</sup> (Tafel 2). Positive Werte stellen Emissionen, negative Werte Entnahmen dar.**

	direkt anthropogen				AFOLU als % der gesamten anthropogenen Nettoemissionen, nach Gasen	Natürliche Reaktion von Landsystemen auf menschengemachte Umweltveränderungen <sup>7</sup>	Nettofluss Landsysteme – Atmosphäre aus allen Landsystemen
	Anthropogene Nettoemissionen durch Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung (AFOLU)	Landwirtschaft	Landwirtschaft	Summe			
	FOLU	B	C = A + B	D	E = C + D	G	A + G
<b>Tafel 1: Beitrag von AFOLU</b>							
CO <sub>2</sub> <sup>2</sup>	A						
Gt CO <sub>2</sub> pro Jahr	5,2 ± 2,6	---	5,2 ± 2,6	33,9 ± 1,8	<b>39,1 ± 3,2</b>	-11,2 ± 2,6	-6,0 ± 3,7
CH <sub>4</sub> <sup>3,8</sup>							
Mt CH <sub>4</sub> pro Jahr	19,2 ± 5,8	142 ± 42	161 ± 43	201 ± 101	<b>362 ± 109</b>		
Gt CO <sub>2</sub> Äq pro Jahr	0,5 ± 0,2	4,0 ± 1,2	4,5 ± 1,2	5,6 ± 2,8	<b>10,1 ± 3,1</b>		
N <sub>2</sub> O <sup>3,8</sup>							
Mt N <sub>2</sub> O pro Jahr	0,3 ± 0,1	8,3 ± 2,5	8,7 ± 2,5	2,0 ± 1,0	<b>10,6 ± 2,7</b>		
Gt CO <sub>2</sub> Äq pro Jahr	0,09 ± 0,03	2,2 ± 0,7	2,3 ± 0,7	0,5 ± 0,3	<b>2,8 ± 0,7</b>		
<b>Summe (THG)</b>	<b>5,8 ± 2,6</b>	<b>6,2 ± 1,4</b>	<b>12,0 ± 2,9</b>	<b>40,0 ± 3,4</b>	<b>52,0 ± 4,5</b>		
<b>Tafel 2: Beitrag des globalen Ernährungssystems</b>							
	Landnutzungsänderung	Landwirtschaft		Nicht-AFOLU <sup>5</sup> aus anderen Sektoren Vor- bis Nach-Produktion	Gesamte Emissionen aus dem globalen Ernährungssystem		
CO <sub>2</sub> Landnutzungsänderung <sup>4</sup>	4,9 ± 2,5						
CH <sub>4</sub> Landwirtschaft <sup>3,8,9</sup>		4,0 ± 1,2					
N <sub>2</sub> O Landwirtschaft <sup>3,8,9</sup>		2,2 ± 0,7					
CO <sub>2</sub> andere Sektoren <sup>5</sup>				2,6 – 5,2			
<b>Summe<sup>10</sup></b>	<b>4,9 ± 2,5</b>	<b>6,2 ± 1,4</b>		<b>2,6 – 5,2</b>	<b>10,8 – 19,1</b>		



Tabelle SPM.1 | Datenquellen und Hinweise:

- <sup>1</sup> Angaben nur bis 2016, da nur bis zu diesem Datum für alle Gase Daten vorliegen.
- <sup>2</sup> Netto anthropogener CO<sub>2</sub>-Fluss aufgrund von Landnutzungsänderungen wie zum Beispiel Entwaldung und Aufforstung sowie Landmanagement einschließlich Holzern- te und -nachwachsen sowie Torfmoorbrände, basierend auf zwei Bilanzierungsmodellen, wie bereits im *Global Carbon Budget* und für den AR5 verwendet. Veränderung des Kohlenstoffvorrats in landwirtschaftlichen Böden bei gleicher Landnutzung wird in diesen Modellen nicht berücksichtigt. {2.3.1.2.1, Tabelle 2.2, Box 2.2}
- <sup>3</sup> Angaben zeigen die mittlere und bewertete Unsicherheit zweier Datenbanken, FAOSTAT und USEPA. 2012 {2.3, Tabelle 2.2}
- <sup>4</sup> Basierend auf FAOSTAT. In diesem Wert enthaltene Kategorien sind „Nettowaldumwandlung“ (Nettoentwaldung), Entwässerung von organischen Böden (Ackerland und Grünland), Biomasseverbrennung (humide tropische Wälder, andere Wälder, organische Böden). „Waldfläche“ (Forstwirtschaft plus Nettowaldflächenzunahme), die in erster Linie eine Senke aufgrund von Aufforstung darstellt, ist ausgeschlossen. Hinweis: Die gesamten FOLU-Emissionen aus FAOSTAT betragen 2,8 (± 1,4) Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr für den Zeitraum 2007–2016. {Tabelle 2.2, Tabelle 5.4}
- <sup>5</sup> CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch Tätigkeiten verursacht werden, die nicht zum AFOLU-Sektor gerechnet werden, hauptsächlich aus den Bereichen Energie (z. B. Getreide- trocknung), Verkehr (z. B. internationaler Handel) und Industrie (z. B. Synthese anorganischer Düngemittel) als Teil der Nahrungsmittelsysteme, einschließlich landwirt- schaftlicher Produktionstätigkeiten (z. B. Heizung in Gewächshäusern), Vorproduktion (z. B. Herstellung von Betriebsmitteln) und Nachproduktion (z. B. Verarbeitung von Agrarprodukten). Diese Angabe bezieht sich auf Landsysteme und schließt daher Emissionen aus der Fischerei aus. Eingeschlossen sind Emissionen aus Fasern und anderen nicht zum Verzehr erzeugten Agrarprodukten, da diese in Datenbanken nicht vom Nahrungsmittelverbrauch getrennt sind. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Zusammen- hang mit dem Ernährungssystem in anderen Sektoren als AFOLU betragen 6–13 % der gesamten anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Diese Emissionen sind in der Regel in der kleinbäuerlichen Subsistenzwirtschaft gering. Wird dies zu den AFOLU-Emissionen hinzugerechnet, beträgt der errechnete Anteil der Nahrungsmittelsysteme an den globalen anthropogenen Emissionen 21–37 %. {5.4.5, Tabelle 5.4}
- <sup>6</sup> Die gesamten Nicht-AFOLU-Emissionen wurden als Summe der gesamten CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionswerte für Energie, industrielle Quellen, Abfall und andere Emissionen mit Daten aus dem *Global Carbon Project* für CO<sub>2</sub> berechnet, einschließlich des internationalen Luftverkehrs und Versand, sowie aus der PRIMAP-Datenbank für CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O, die nur über den Zeitraum 2007–2014 gemittelt wurden, da dies der Zeitraum war, für den Daten verfügbar waren. {2.3, Tabelle 2.2}
- <sup>7</sup> Die natürliche Reaktion von Landsystemen auf anthropogene Umweltveränderungen ist die Reaktion von Vegetation und Böden auf Umweltveränderungen wie steigen- de CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre, Stickstoffablagerung und Klimawandel. Die dargestellte Angabe stellt den Durchschnitt aus dynamischen globalen Vegetati- onsmodellen dar. {2.3.1.2, Box 2.2, Tabelle 2.3}
- <sup>8</sup> Alle als CO<sub>2</sub>-Äq ausgedrückten Werte basieren auf 100-Jahres-*Global-Warming-Potential* (GWP)-Werten aus dem AR5 ohne Klima-Kohlenstoff-Rückkopplungen (N<sub>2</sub>O = 265; CH<sub>4</sub> = 28). Zu beachten ist, dass das GWP für fossile sowie biogene Methanquellen verwendet wurde. Unter Annahme eines höheren GWP für CH<sub>4</sub> aus fossilen Brennstoffen (30 laut AR5) wären die gesamten in CO<sub>2</sub>-Äq ausgedrückten anthropogenen CH<sub>4</sub>-Emissionen um 2 % größer.
- <sup>9</sup> Diese Angabe bezieht sich auf Landsysteme und schließt daher Emissionen aus Fischerei und Aquakultur aus (außer Emissionen aus Futtermitteln, die an Land erzeugt und in der Aquakultur verwendet werden) und schließt auch andere Verwendung außer als Lebensmittel mit ein (z. B. Fasern und Bioenergie), da diese in Datenbanken nicht vom Nahrungsmittelverbrauch getrennt sind. Ausgeschlossen sind Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen im Zusammenhang mit Landnutzungsänderung (FOLU-Kategorie), da diese auf Wald- und Torfmoorbrände zurückzuführen sind.
- <sup>10</sup> Emissionen, die mit Nahrungsmittelverlust und -verschwendung verbunden sind, werden implizit einbezogen, da Emissionen aus dem Nahrungsmittelsystem mit den produzierten Nahrungsmitteln zusammenhängen, was Nahrungsmittel, die zur Ernährung verzehrt werden, sowie Nahrungsmittelverluste und -verschwendung ein- schließt. Letztere wird auf 8–10 % der gesamten anthropogenen Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äq beziffert. {5.5.2.5}
- <sup>11</sup> Es liegen keine globalen Daten für CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Landwirtschaft vor.

- A.3.4 Die globalen Methanemissionen aus dem AFOLU-Sektor im Zeitraum 2007–2016 betragen 162 ± 49 Mt CH<sub>4</sub> pro Jahr (4,5 ± 1,4 Gt CO<sub>2</sub>-Äq pro Jahr) (*mittleres Vertrauen*). Die global gemittelte atmosphärische Methankonzentration zeigt einen steti- gen Anstieg zwischen Mitte der 80er- und Anfang der 90er-Jahre, danach bis 1999 eine langsamere Zunahme und eine Zeit ohne Wachstum zwischen 1999–2006, gefolgt von einer Wiederaufnahme des Wachstums im Jahr 2007 (*hohes Vertrauen*). Biogene Quellen machen einen größeren Anteil der Emissionen aus als vor dem Jahr 2000 (*hohes Vertrauen*). Wiederkäuer und die Auswei- tung des Reisanbaus liefern wichtige Beiträge zur steigenden Konzentration (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.1) {Tabelle 2.2, 2.3.2, 5.4.2, 5.4.3}
- A.3.5 Die anthropogenen N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem AFOLU-Sektor steigen und lagen im Zeitraum 2007–2016 bei 8,3 ± 2,5 Mt N<sub>2</sub>O pro Jahr (2,3 ± 0,7 Gt CO<sub>2</sub>-Äq pro Jahr). Anthropogene N<sub>2</sub>O-Emissionen {Abbildung SPM.1, Tabelle SPM.1} aus Böden sind in erster Li- nie auf Stickstoffeinbringung einschließlich ineffizienter Anwendung zurückzuführen (Überdosierung oder schlechte Synchronisa- tion mit den Bedarfszeiten der Feldfrucht) (*hohes Vertrauen*). Ackerlandböden emittierten im Zeitraum 2007–2016 etwa 3 Mt N<sub>2</sub>O pro Jahr (etwa 795 Mt CO<sub>2</sub>-Äq pro Jahr) (*mittleres Vertrauen*). Die Emissionen aus bewirtschafteten Weiden sind aufgrund von er- höhtem Dungeintrag stark angestiegen (*mittleres Vertrauen*). Viehbestände auf bewirtschafteten Weiden und offenem Weideland waren für mehr als die Hälfte der gesamten anthropogenen N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Landwirtschaft im Jahr 2014 verantwortlich (*mittleres Vertrauen*). {Tabelle 2.1, 2.3.3, 5.4.2, 5.4.3}
- A.3.6 Die gesamten Nettotreibhausgasemissionen aus Land- und Forstwirtschaft und anderer Landnutzung (AFOLU) entsprechen 12,0 ± 2,9 Gt CO<sub>2</sub>-Äq pro Jahr im Zeitraum 2007–2016. Dies entspricht 23 % der gesamten anthropogenen Nettoemissionen<sup>24</sup> {Tabelle SPM.1}. Andere Ansätze, wie z. B. das globale Ernährungssystem, schließen landwirtschaftliche Emissionen und Landnut- zungsänderungen (d. h. Entwaldung und Torfmoordegradierung) ein sowie Emissionen, die außerhalb des landwirtschaftlichen Betriebs aus den Nahrungsmittelproduktionssektoren Energie, Verkehr und Industrie entstehen. Emissionen, die innerhalb von landwirtschaftlichen Betrieben entstehen, und solche durch Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzflächen, die zum globalen Ernährungssystem beitragen, entsprechen 16–27 % der gesamten anthropogenen Emissionen (*mittleres Vertrauen*). Emissionen, die außerhalb von landwirtschaftlichen Betrieben entstehen, entsprechen 5–10 % der gesamten anthropogenen Emissionen (*mittleres Vertrauen*). Angesichts der Vielfalt an Ernährungssystemen gibt es große regionale Unterschiede bezüglich der Beiträge der verschiedenen Komponenten des Ernährungssystems (*sehr hohes Vertrauen*). Emissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion werden laut Projektionen ansteigen (*hohes Vertrauen*), getrieben durch Bevölkerungs- und Einkommenswachstum sowie Veränderungen des Konsumverhaltens (*mittleres Vertrauen*). {5.5, Tabelle 5.4}

<sup>24</sup> Diese Bewertung umfasst nur CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O.

- A.4 Änderungen der Bedingungen in Landsystemen<sup>25</sup>, sei es durch Landnutzung oder Klimawandel, wirken sich auf das globale und das regionale Klima aus (*hohes Vertrauen*). Auf regionaler Ebene können veränderte Bedingungen in Landsystemen die Erwärmung verringern oder verstärken und die Intensität, Häufigkeit und Dauer von Extremereignissen beeinflussen. Das Ausmaß und die Richtung dieser Veränderungen unterscheiden sich je nach Standort und Jahreszeit (*hohes Vertrauen*). {Executive Summary Kapitel 2, 2.3, 2.4, 2.5, 3.3}**
- A.4.1** Seit der vorindustriellen Zeit haben Veränderungen der Landbedeckung durch menschliche Aktivitäten sowohl zu einer Nettofreisetzung von CO<sub>2</sub> geführt, was zur globalen Erwärmung beiträgt (*hohes Vertrauen*), als auch zu einer Zunahme der globalen Albedo von Landflächen<sup>26</sup>, was eine Oberflächenkühlung verursacht (*mittleres Vertrauen*). Über den historischen Zeitraum wird der resultierende Nettoeffekt auf die mittlere globale Oberflächentemperatur als gering eingeschätzt (*mittleres Vertrauen*). {2.4, 2.6.1, 2.6.2}
- A.4.2** Die Wahrscheinlichkeit, Intensität und Dauer vieler Extremereignisse kann durch Veränderungen der Bedingungen in Landsystemen signifikant verändert werden, einschließlich hitzebedingter Ereignisse wie Hitzewellen (*mittleres Vertrauen*) und Starkniederschlagsereignissen (*mittleres Vertrauen*). Änderungen der Bedingungen in Landsystemen können Temperatur und Niederschlag in bis zu Hunderten von Kilometern entfernten Regionen beeinflussen (*hohes Vertrauen*). {2.5.1, 2.5.2, 2.5.4, 3.3, Cross-Chapter Box 4 in Kapitel 2}
- A.4.3** Der Klimawandel wird laut Projektionen die Bedingungen in Landsystemen verändern, was Rückwirkungen auf das regionale Klima hat. In denjenigen borealen Regionen, in denen die Baumgrenze nach Norden wandert und/oder sich die Vegetationszeit verlängert, wird die Wintererwärmung durch eine verminderte Schneedecke und Albedo verstärkt, während die Erwärmung während der Vegetationszeit durch erhöhte Evapotranspiration reduziert wird (*hohes Vertrauen*). In denjenigen tropischen Gebieten, in denen eine Niederschlagszunahme projiziert wird, wird ein erhöhtes Vegetationswachstum die regionale Erwärmung reduzieren (*mittleres Vertrauen*). Trockenere Bodenverhältnisse, die sich aus dem Klimawandel ergeben, können das Ausmaß von Hitzewellen erhöhen, während feuchtere Bodenverhältnisse den gegenteiligen Effekt haben (*hohes Vertrauen*). {2.5.2, 2.5.3}
- A.4.4** Desertifikation verstärkt die globale Erwärmung durch die Freisetzung von CO<sub>2</sub> in Verbindung mit dem Rückgang der Vegetationsdecke (*hohes Vertrauen*). Dieser Rückgang der Vegetationsdecke führt tendenziell zu einer Zunahme der lokalen Albedo, was zu einer Oberflächenkühlung führt (*hohes Vertrauen*). {3.3}
- A.4.5** Veränderungen der Waldbedeckung, z. B. durch (Wieder-)Aufforstung und Entwaldung, wirken sich durch Wasser- und Energieaustausch direkt auf die regionale Oberflächentemperatur aus (*hohes Vertrauen*).<sup>27</sup> Wo die Waldbedeckung in tropischen Regionen zunimmt, resultiert Kühlung aus einer verbesserten Evapotranspiration (*hohes Vertrauen*). Erhöhte Evapotranspiration kann zu kühleren Tagen während der Vegetationszeit führen (*hohes Vertrauen*) und die Amplitude von hitzebedingten Ereignissen reduzieren (*mittleres Vertrauen*). In Regionen mit saisonaler Schneedecke, wie z. B. boreale und manche gemäßigte Regionen, hat eine erhöhte Baum- und Strauchbedeckung aufgrund der reduzierten Oberflächenalbedo auch einen wärmenden Einfluss während des Winters (*hohes Vertrauen*).<sup>28</sup> {2.3, 2.4.3, 2.5.1, 2.5.2, 2.5.4}
- A.4.6** Sowohl die globale Erwärmung als auch die Verstädterung können die Erwärmung in Städten und ihrer Umgebung verstärken (Wärmeinsel-Effekt), insbesondere während hitzebedingter Ereignisse einschließlich Hitzewellen (*hohes Vertrauen*). Nachttemperaturen werden von diesem Effekt stärker beeinflusst als Tagestemperaturen (*hohes Vertrauen*). Eine zunehmende Verstädterung kann auch extreme Niederschlagsereignisse über der Stadt oder windabwärts von Stadtgebieten verstärken (*mittleres Vertrauen*). {2.5.1, 2.5.2, 2.5.3, 4.9.1, Cross-Chapter Box 4 in Kapitel 2}

<sup>25</sup> Bedingungen in Landsystemen umfassen Änderungen der Landbedeckung (z. B. Entwaldung, Wiederaufforstung, Urbanisierung), der Landnutzung (z. B. Bewässerung) und des Landsystemzustands (z. B. Feuchtegrad, Begrünungsgrad, Schnee- und Permafrostmenge).

<sup>26</sup> Landflächen mit hoher Albedo reflektieren mehr einfallende Sonneneinstrahlung als Landflächen mit niedriger Albedo.

<sup>27</sup> Die Literatur zeigt, dass Veränderungen der Waldbedeckung das Klima auch durch Veränderungen der Emissionen von reaktiven Gasen und Aerosolen beeinflussen können. {2.4, 2.5}

<sup>28</sup> Neuere Literatur zeigt, dass Aerosole aus borealen Wäldern der erwärmenden Wirkung von Oberflächenalbedo zumindest teilweise entgegenwirken können. {2.4.3}

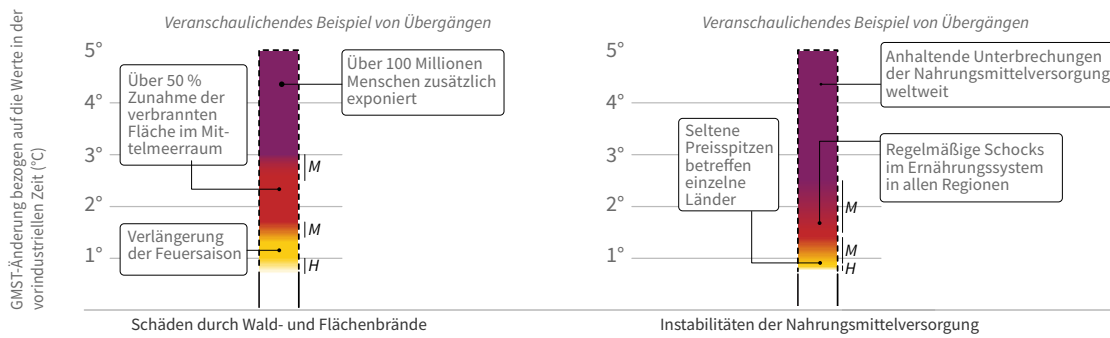
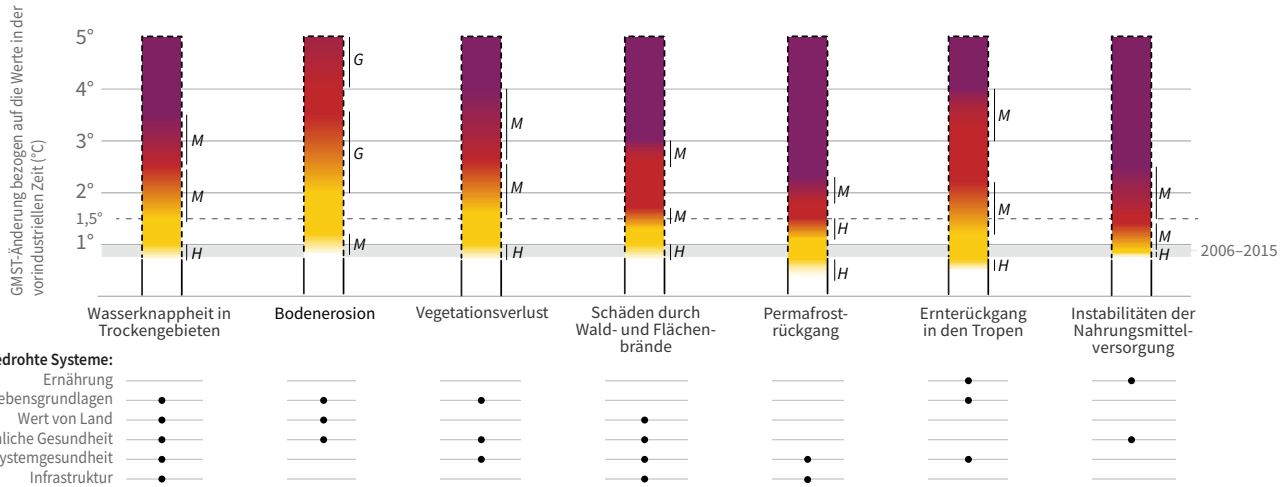
## BOX SPM.1 | Gemeinsam Genutzte Sozioökonomische Pfade (*Shared Socioeconomic Pathways, SSPs*)

In diesem Bericht werden die Auswirkungen der zukünftigen sozioökonomischen Entwicklung auf die Minderung des Klimawandels, auf Anpassung und auf Landnutzung anhand Gemeinsam Genutzter Sozioökonomischer Pfade (*Shared Socioeconomic Pathways, SSPs*) untersucht. Die SSPs umfassen eine Reihe von Herausforderungen bezüglich Klimaanpassung und Minderung.

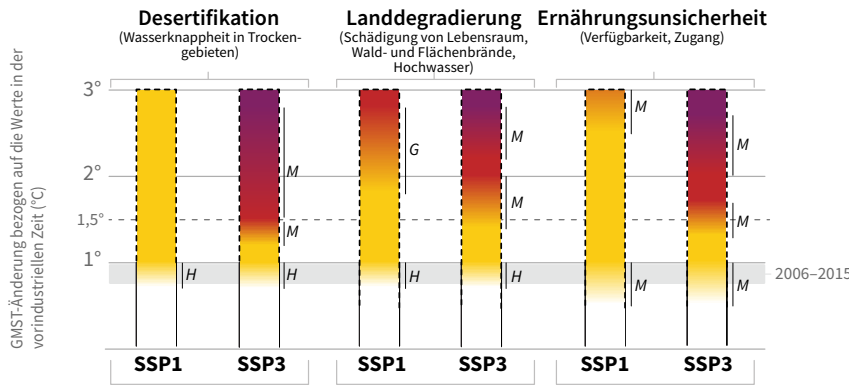
- SSP1 beinhaltet das Erreichen eines Höchststands und einen Rückgang der Bevölkerung (~7 Milliarden im Jahr 2100), hohes Einkommen und verringerte Ungleichheiten, wirksame Landnutzungsregelung, einen weniger ressourcenintensiven Verbrauch – einschließlich Nahrungsmittel aus Produktionssystemen mit geringen Treibhausgasemissionen und weniger Lebensmittelabfälle – Freihandel sowie umweltfreundliche Technologien und Lebensstile. Im Vergleich zu anderen Pfaden birgt SSP1 geringe Herausforderungen bei der Minderung und geringe Herausforderungen bei der Anpassung (d. h. hohe Anpassungsfähigkeit).
- SSP2 beinhaltet mittleres Bevölkerungswachstum (~9 Milliarden im Jahr 2100), mittleres Einkommen, technologischer Fortschritt sowie die Produktions- und Konsummuster knüpfen an die bisherigen Trends an, und Ungleichheit wird nur allmählich verringert. Im Vergleich zu anderen Pfaden birgt SSP2 mittlere Herausforderungen bei der Minderung und mittlere Herausforderungen bei der Anpassung (d. h. mittlere Anpassungsfähigkeit).
- SSP3 beinhaltet eine hohe Bevölkerung (~13 Milliarden im Jahr 2100), geringes Einkommen und anhaltende Ungleichheiten, materialintensive Konsum- und Produktionsweisen, Handelshemmnisse und langsamen Technologiewandel. Im Vergleich zu anderen Pfaden birgt SSP3 hohe Herausforderungen bei der Minderung und hohe Herausforderungen bei der Anpassung (d. h. geringe Anpassungskapazität).
- SSP4 beinhaltet mittleres Bevölkerungswachstum (~9 Milliarden im Jahr 2100), mittleres Einkommen, aber erhebliche Ungleichheiten innerhalb von und unter den Regionen. Im Vergleich zu anderen Pfaden birgt SSP4 geringe Herausforderungen bei der Minderung, aber hohe Herausforderungen bei der Anpassung (d. h. geringe Anpassungsfähigkeit).
- SSP5 beinhaltet das Erreichen eines Höchststands und einen Rückgang der Bevölkerung (~7 Milliarden im Jahr 2100), hohe Einkommen, verringerte Ungleichheiten und Freihandel. Dieser Pfad beinhaltet ressourcenintensive Produktions- und Konsumweisen und Lebensstile. Im Vergleich zu anderen Pfaden birgt SSP5 hohe Herausforderungen bei der Minderung, aber geringe Herausforderungen bei der Anpassung (d. h. hohe Anpassungsfähigkeit).
- Die SSPs können mit Repräsentativen Konzentrationspfaden (*Representative Concentration Pathways, RCPs*) kombiniert werden, die verschiedene Minderungsniveaus bedeuten, was sich auf die Anpassung auswirkt. Daher können SSPs mit unterschiedlichen Niveaus des mittleren globalen Oberflächentemperaturanstiegs konsistent sein, wie von verschiedenen SSP-RCP-Kombinationen projiziert. Einige SSP-RCP-Kombinationen sind jedoch nicht möglich; z. B. sind RCP2.6 und niedrigere Werte des zukünftigen mittleren globalen Oberflächentemperaturanstiegs (z. B. 1,5 °C) in modellierten Pfaden unter Verwendung von SSP3 nicht möglich. {1.2.2, 6.1.4, Cross-Chapter Box 1 in Kapitel 1, Cross-Chapter Box 9 in Kapitel 6}

## A. Risiken für Menschen und Ökosysteme durch Änderungen von landbasierten Prozessen infolge des Klimawandels

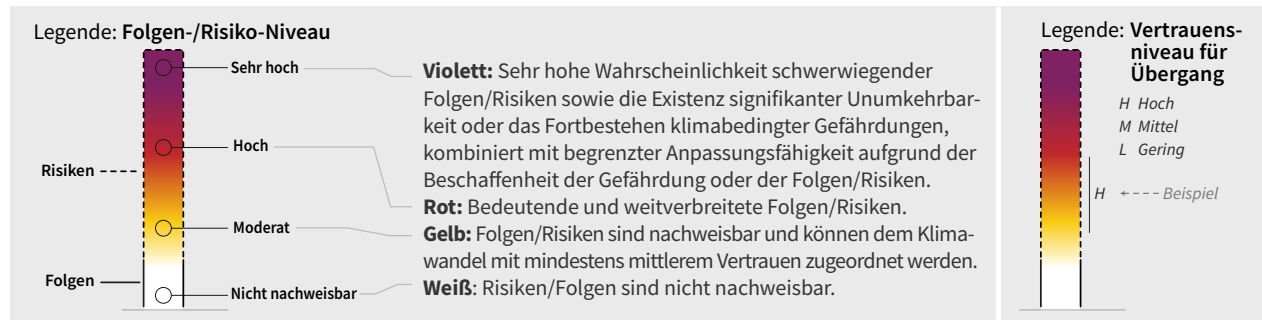
Der Anstieg der mittleren globalen Oberflächentemperatur (*global mean surface temperature*, GMST) gegenüber dem vorindustriellen Niveau wirkt sich auf Prozesse aus, die an **Desertifikation** (Wasserknappheit), **Landdegradierung** (Bodenerosion, Vegetationsverlust, Wald- und Flächenbrände, Tauen von Permafrost) und der **Ernährungssicherheit** (Instabilitäten von Ernteerträgen und Nahrungsmittelversorgung) beteiligt sind. Änderungen dieser Prozesse bewirken Risiken für Ernährungssysteme, Lebensgrundlagen, Infrastruktur, den Wert von Land sowie die Gesundheit von Menschen und Ökosystemen. Änderungen bei einem Prozess (z. B. Wald- und Flächenbränden oder Wasserknappheit) können zu zusammengesetzten Risiken führen. Risiken sind standortspezifisch und unterscheiden sich je nach Region.



## B. Unterschiedliche sozioökonomische Pfade beeinflussen das Ausmaß der klimabedingten Risiken.



Sozioökonomische Entscheidungen können klimabedingte Risiken verringern oder verschärfen und die Geschwindigkeit des Temperaturanstiegs beeinflussen. Der **SSP1**-Pfad veranschaulicht eine Welt mit niedrigem Bevölkerungswachstum, hohem Einkommen und verringerten Ungleichheiten, Nahrungsmitteln aus Produktionssystemen mit geringen Treibhausgasemissionen, einer wirksamen Landnutzungsregulierung und einer hohen Anpassungsfähigkeit. Der **SSP3**-Pfad weist die entgegengesetzten Trends auf. Die Risiken sind unter SSP1 im Vergleich zu SSP3 bei gleichem GMST-Anstieg geringer.



**Abbildung SPM.2: Risiken für landbasierte menschliche Systeme und Ökosysteme durch globalen Klimawandel, sozioökonomische Entwicklung und Minderungsmaßnahmen in terrestrischen Ökosystemen.** | Wie in früheren IPCC-Berichten wurde die Literatur verwendet, um anhand von Expertenbeurteilungen diejenigen Niveaus an globaler Erwärmung zu bestimmen, bei denen das Risiko nicht nachweisbar, moderat, hoch oder sehr hoch ist, wie in Kapitel 7 und anderen Teilen des zugrundeliegenden Berichts beschrieben. Die Abbildung zeigt die bewerteten Risiken bei ungefähren Erwärmungswerten, die durch eine Vielzahl von Faktoren, einschließlich Anpassungsmaßnahmen, beeinflusst werden können. Die Bewertung berücksichtigt die Anpassungsfähigkeit im Einklang mit den SSPs wie unten beschrieben. **Tafel A:** Risiken für ausgewählte Elemente von Landsystemen in Abhängigkeit von der mittleren globalen Oberflächentemperatur {2.1, Box 2.1, 3.5, 3.7.1.1, 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.3, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 7.2, 7.3, Tabelle SM7.1}. Verknüpfungen zu weiter gefassten Systemen sind veranschaulichend und erheben nicht den Anspruch, umfassend zu sein. Die Risikoniveaus werden unter der Annahme einer mittleren Exposition und Verwundbarkeit ermittelt, angetrieben durch moderate Trends der sozioökonomischen Bedingungen, die im Wesentlichen mit einem SSP2-Pfad übereinstimmen. {Tabelle SM7.4} **Tafel B:** Risiken im Zusammenhang mit Desertifikation, Landdegradierung und Ernährungssicherheit aufgrund des Klimawandels und der sozioökonomischen Entwicklungsmuster. Zu den zunehmenden Risiken im Zusammenhang mit Desertifikation gehört die Zahl an Menschen in Trockengebieten, die exponiert und durch Wasserknappheit verwundbar sind. Zu den Risiken im Zusammenhang mit Landdegradierung gehören die zunehmende Zerstörung von Lebensräumen, die Zahl an Menschen, die Wald- und Flächenbränden und Überschwemmungen ausgesetzt sind sowie die Kosten von Überschwemmungen. Zu den Risiken für die Ernährungssicherheit gehören die Verfügbarkeit und der Zugang zu Nahrung, einschließlich der hungergefährdeten Bevölkerung, Anstiege der Nahrungsmittelpreise und Zunahmen an Lebensjahren mit Behinderung, die auf Untergewicht in der Kindheit zurückzuführen ist. Die Bewertung der Risiken erfolgt für zwei gegensätzliche sozioökonomische Pfade (SSP1 und SSP3 {Box SPM.1}) unter Ausschluss der Auswirkungen gezielter Minderungsmaßnahmen. {3.5, 4.2.1.2, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 6.1.4, 7.2, Tabelle SM7.5} Risiken werden nicht über 3 °C hinaus angegeben, da SSP1 dieses Niveau der Temperaturänderung nicht überschreitet. **Alle Tafeln:** Im Rahmen der Bewertung wurde Literatur zusammengestellt und Daten wurden in eine Zusammenfassungstabelle extrahiert. Ein formales Expertenbefragungsprotokoll (basierend auf einem modifizierten Delphi-Verfahren und dem *Sheffield Elicitation Framework*) wurde befolgt, um Schwellenwerte für Risikoübergänge zu ermitteln. Dazu gehörte auch ein Erhebungsprozess über mehrere Runden mit zwei Runden unabhängiger anonymer Schwellenwertbeurteilung sowie eine abschließenden Konsensdiskussion. Weitere Informationen zu Methoden und zugrundeliegender Literatur sind im Ergänzenden Material (*Supplementary Material*) zu Kapitel 7 zu finden.

**A.5 Der Klimawandel erzeugt zusätzliche Belastungen für Landsysteme, was bestehende Risiken für Lebensgrundlagen, die biologische Vielfalt, die Gesundheit von Mensch und Ökosystemen, Infrastruktur und Ernährungssysteme verschärft (*hohes Vertrauen*). Zunehmende Folgen für Landsysteme werden unter allen Szenarien zukünftiger Treibhausgasemissionen projiziert (*hohes Vertrauen*). Manche Regionen werden mit höheren Risiken konfrontiert sein, während manche Regionen mit bisher nicht erwarteten Risiken konfrontiert sein werden (*hohes Vertrauen*). Kaskadenartige Risiken mit Folgen für mehrere Systeme und Sektoren zeigen ebenfalls regionale Unterschiede (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.2) {2.2, 3.5, 4.2, 4.4, 4.7, 5.1, 5.2, 5.8, 6.1, 7.2, 7.3, Cross-Chapter Box 9 in Kapitel 6}**

A.5.1 Mit zunehmender Erwärmung werden laut Projektionen die Häufigkeit, Intensität und Dauer von hitzebedingten Ereignissen einschließlich Hitzewellen im Laufe des 21. Jahrhunderts weiter zunehmen (*hohes Vertrauen*). Häufigkeit und Intensität von Dürren werden laut Projektionen insbesondere im Mittelmeerraum und im südlichen Afrika zunehmen (*mittleres Vertrauen*). Häufigkeit und Intensität von Extremniederschlägen werden laut Projektionen in vielen Regionen zunehmen (*hohes Vertrauen*). {2.2.5, 3.5.1, 4.2.3, 5.2}

A.5.2 Mit zunehmender Erwärmung werden sich laut Projektionen die Klimazonen in den mittleren und hohen Breitengraden weiter polwärts verschieben (*hohes Vertrauen*). In den hohen Breitengraden wird die Erwärmung laut Projektionen zu mehr Störungen in borealen Wäldern führen, einschließlich Dürre, Wald- und Flächenbränden sowie Schädlingsausbrüchen (*hohes Vertrauen*). Unter mittleren und hohen Treibhausgasemissionsszenarien wird projiziert, dass die Erwärmung in tropischen Regionen bis Mitte bis Ende des 21. Jahrhunderts zu beispiellosen<sup>29</sup> klimatischen Bedingungen führt (*mittleres Vertrauen*). {2.2.4, 2.2.5, 2.5.3, 4.3.2}

A.5.3 Das derzeitige Niveau der globalen Erwärmung ist mit moderaten Risiken durch erhöhte Wasserknappheit in Trockengebieten, Bodenerosion, Vegetationsverlust, Schäden durch Wald- und Flächenbrände, Tauen von Permafrost, Küstenschädigung und Ernterückgang in den Tropen verbunden (*hohes Vertrauen*). Die Risiken, einschließlich kaskadenartiger Risiken, werden laut Projektionen mit zunehmenden Temperaturen immer größer werden. Bei etwa 1,5 °C globaler Erwärmung werden in Projektionen die Risiken durch Wasserknappheit in Trockengebieten, Schäden durch Wald- und Flächenbrände, Permafrostabbau und Instabilitäten der Nahrungsmittelversorgung als hoch eingestuft (*mittleres Vertrauen*). Bei etwa 2 °C globaler Erwärmung werden in Projektionen die Risiken durch Permafrostabbau und Instabilitäten der Nahrungsmittelversorgung als sehr hoch eingestuft (*mittleres Vertrauen*). Darüber hinaus werden in Projektionen bei etwa 3 °C globaler Erwärmung die Risiken durch Vegetationsverlust, Schäden durch Wald- und Flächenbrände sowie Wasserknappheit in Trockengebieten ebenfalls als sehr hoch eingestuft (*mittleres Vertrauen*). Risiken durch Dürren, Wasserstress, hitzebedingte Ereignisse wie Hitzewellen und Lebensraumschädigung nehmen zwischen 1,5 °C und 3 °C Erwärmung gleichzeitig zu (*geringes Vertrauen*). (Abbildung SPM.2) {7.2.2, Cross-Chapter Box 9 in Kapitel 6, Kapitel 7 Zusatzmaterial}

<sup>29</sup> Beispiellose klimatische Bedingungen werden in diesem Bericht als solche definiert, die im 20. Jahrhundert nirgendwo aufgetreten sind. Sie zeichnen sich durch hohe Temperaturen mit starker Saisonalität und Niederschlagsverlagerungen aus. In der untersuchten Literatur wurde der Einfluss anderer klimatischer Variablen als Temperatur und Niederschlag nicht berücksichtigt.



- SPM
- A.5.4 Die Stabilität der Nahrungsmittelversorgung<sup>30</sup> wird laut Projektionen abnehmen, wenn das Ausmaß und die Häufigkeit von extremen Wetterereignissen zunehmen, welche die Nahrungsketten unterbrechen (*hohes Vertrauen*). Ein erhöhter CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre kann auch die Nährstoffqualität von Nutzpflanzen beeinträchtigen (*hohes Vertrauen*). Globale Ernte- und Wirtschaftsmodelle projizieren unter SSP2 aufgrund des Klimawandels (RCP6.0) einen mittleren Anstieg der Getreidepreise im Jahr 2050 um 7,6 % (Bandbreite 1 % bis 23 %), was zu höheren Nahrungsmittelpreisen und erhöhtem Risiko von Ernährungsunsicherheit und Hunger führt (*mittleres Vertrauen*). Die verwundbarsten Menschen werden stärker betroffen sein (*hohes Vertrauen*). {5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 5.8.1, 7.2.2.2, 7.3.1}
- A.5.5 In Trockengebieten werden Klimawandel und Desertifikation laut Projektionen zu Verringerungen der Pflanzen- und Tierproduktivität führen (*hohes Vertrauen*), die Zusammensetzung von Pflanzenarten ändern und die biologische Vielfalt verringern (*mittleres Vertrauen*). Unter SSP2 wird laut Projektionen die Bevölkerung in Trockengebieten, die verwundbar gegenüber Wasserstress, Dürreintensität und Lebensraumschädigung ist, bei 1,5 °C bis zum Jahr 2050 auf 178 Millionen Menschen und bei 2 °C Erwärmung auf 220 Millionen Menschen beziehungsweise bei 3 °C Erwärmung auf 277 Millionen Menschen ansteigen (*geringes Vertrauen*). {3.5.1, 3.5.2, 3.7.3}
- A.5.6 Laut Projektionen werden die meisten Menschen, die verwundbar gegenüber erhöhter Desertifikation sind, in Asien und Afrika<sup>31</sup> leben. Nordamerika, Südamerika, der Mittelmeerraum, das südliche Afrika und Zentralasien können zunehmend von Wald- und Flächenbränden betroffen sein. Die Tropen und Subtropen werden laut Projektionen am verwundbarsten gegenüber Ernteertragsrückgängen sein. Landdegradierung infolge der Kombination von Meeresspiegelanstieg und intensiveren Wirbelstürmen wird laut Projektionen Leben und Lebensgrundlagen in wirbelsturmgefährdeten Gebieten in Gefahr bringen (*sehr hohes Vertrauen*). Innerhalb der Bevölkerung sind Frauen, junge Menschen, Ältere und Arme am stärksten gefährdet (*hohes Vertrauen*). {3.5.1, 3.5.2, 4.4, Tabelle 4.1, 5.2.2, 7.2.2, Cross-Chapter Box 3 in Kapitel 2}
- A.5.7 Klimaveränderungen können umweltbedingte Migration sowohl innerhalb von Ländern als auch über Grenzen hinweg verstärken (*mittleres Vertrauen*), was vielfache Mobilitätstreiber und verfügbare Anpassungsmaßnahmen widerspiegelt (*hohes Vertrauen*). Extremes Wetter und Klima oder langsam einsetzende Ereignisse können zu zunehmender Vertreibung, unterbrochenen Nahrungsketten und bedrohten Lebensgrundlagen führen (*hohes Vertrauen*) und tragen zu einem erhöhten Konfliktrisiko bei (*mittleres Vertrauen*). {3.4.2, 4.7.3, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 5.8.2, 7.2.2, 7.3.1}
- A.5.8 Nicht nachhaltiges Landmanagement hat zu negativen wirtschaftlichen Folgen geführt (*hohes Vertrauen*). Der Klimawandel wird laut Projektionen diese negativen wirtschaftlichen Folgen verschärfen (*hohes Vertrauen*). {4.3.1, 4.4.1, 4.7, 4.8.5, 4.8.6, 4.9.6, 4.9.7, 4.9.8, 5.2, 5.8.1, 7.3.4, 7.6.1, Cross-Chapter Box 10 in Kapitel 7}
- A.6 Das Risikoniveau aufgrund des Klimawandels hängt sowohl vom Grad der Erwärmung als auch von der Entwicklung von Bevölkerungs-, Konsum-, Produktions-, technologischen Entwicklungs- und Landmanagementmustern ab (*hohes Vertrauen*). Entwicklungspfade mit höherem Bedarf an Nahrung, Futtermitteln und Wasser, ressourcenintensiverem Konsum und ebensolcher Produktion sowie mit geringeren technologischen Verbesserungen der landwirtschaftlichen Erträge führen zu höheren Risiken durch Wasserknappheit in Trockengebieten, Landdegradierung und Ernährungsunsicherheit (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.2b) {5.1.4, 5.2.3, 6.1.4, 7.2, Cross-Chapter Box 9 in Kapitel 6}**
- A.6.1 Projizierte Zunahmen von Bevölkerung und Einkommen, kombiniert mit Veränderungen von Konsummustern, führen in allen SSPs zu einer erhöhten Nachfrage nach Nahrungsmitteln, Futtermitteln und Wasser im Jahr 2050 (*hohes Vertrauen*). Diese Veränderungen, kombiniert mit Landmanagementverfahren, haben Auswirkungen auf Landnutzungsänderungen, Ernährungsunsicherheit, Wasserknappheit, terrestrische Treibhausgasemissionen, Kohlenstoffsequestrierungspotenzial und biologische Vielfalt (*hohes Vertrauen*). Entwicklungspfade mit verringerter Einkommenssteigerung und geringerer Nachfrage nach Landumwandlung, entweder durch geringere landwirtschaftliche Nachfrage oder verbesserte Produktivität, können zu Verringerungen der Ernährungsunsicherheit führen (*hohes Vertrauen*). Alle untersuchten zukünftigen sozioökonomischen Pfade führen zu Anstiegen des Wasserbedarfs und von Wasserknappheit (*hohes Vertrauen*). SSPs mit größerer Anbauflächenerweiterung führen zu größeren Rückgängen der biologischen Vielfalt (*hohes Vertrauen*). {6.1.4}

<sup>30</sup> Die Nahrungsmittelversorgung umfasst in diesem Bericht definitionsgemäß Verfügbarkeit und Zugang (einschließlich Preis). Unter Instabilität der Nahrungsmittelversorgung versteht man Schwankungen, welche die Ernährungssicherheit durch Verringerung des Zugangs beeinflussen.

<sup>31</sup> In Westafrika sind viele Menschen gegenüber zunehmender Desertifikation und gegenüber Ertragsrückgängen verwundbar. Nordafrika ist verwundbar gegenüber Wasserknappheit.



- A.6.2 Risiken im Zusammenhang mit Wasserknappheit in Trockengebieten sind in Pfaden mit niedrigem Bevölkerungswachstum, geringerem Anstieg des Wasserbedarfs und hoher Anpassungskapazität geringer, wie bei *Shared Socioeconomic Pathway 1 (SSP1)* {Box SPM.1}. In diesen Szenarien ist das Risiko durch Wasserknappheit in Trockengebieten selbst bei einer globalen Erwärmung von 3 °C moderat (*geringes Vertrauen*). Im Gegensatz dazu sind die Risiken im Zusammenhang mit Wasserknappheit in Trockengebieten größer bei Pfaden mit hohem Bevölkerungswachstum, hoher Verwundbarkeit, höherem Wasserbedarf und geringer Anpassungskapazität, wie z. B. SSP3. In SSP3 geschieht der Übergang von moderatem zu hohem Risiko zwischen 1,2 °C und 1,5 °C (*mittleres Vertrauen*). (Abbildung SPM.2b, Box SPM.1) {7.2}
- A.6.3 Risiken im Zusammenhang mit klimawandelbedingter Landdegradierung sind in Pfaden mit höherer Bevölkerung, stärkerer Landnutzungsänderung, geringer Anpassungskapazität und anderen Anpassungshürden höher (z. B. SSP3). Diese Szenarien führen dazu, dass mehr Menschen der Schädigung von Ökosystemen, Feuern und Küstenhochwasser ausgesetzt sind (*mittleres Vertrauen*). Bezogen auf Landdegradierung geschieht der projizierte Übergang von moderatem zu hohem Risiko in SSP1 zwischen 1,8 °C und 2,8 °C globaler Erwärmung (*niedriges Vertrauen*) und in SSP3 zwischen 1,4 °C und 2 °C (*mittleres Vertrauen*). Der projizierte Übergang von hohem zu sehr hohem Risiko geschieht für SSP3 zwischen 2,2 °C und 2,8 °C (*mittleres Vertrauen*). (Abbildung SPM.2b) {4.4, 7.2}
- A.6.4 Risiken im Zusammenhang mit Ernährungssicherheit sind höher in Pfaden mit geringerem Einkommen, erhöhtem Nahrungsmittelbedarf, gestiegenen Nahrungsmittelpreisen aufgrund des Wettbewerbs um Land, eingeschränkterem Handel und anderen Herausforderungen für die Anpassung (z. B. SSP3) (*hohes Vertrauen*). Bezogen auf die Ernährungssicherheit geschieht der Übergang von moderatem zu hohem Risiko in SSP1 zwischen 2,5 °C und 3,5 °C globaler Erwärmung (*mittleres Vertrauen*) und in SSP3 zwischen 1,3 °C und 1,7 °C (*mittleres Vertrauen*). Der Übergang von hohem zu sehr hohem Risiko geschieht in SSP3 zwischen 2 °C und 2,7 °C (*mittleres Vertrauen*). (Abbildung SPM.2b) {7.2}
- A.6.5 Laut Projektionen wird Stadterweiterung zu einer Umwandlung von Ackerfläche führen, was zu Verlusten bei der Nahrungsmittelproduktion führt (*hohes Vertrauen*). Dies kann zu zusätzlichen Risiken für das Nahrungsmittelsystem führen. Strategien zur Verringerung dieser Folgen können städtische und stadtnahe Nahrungsmittelproduktion und das Management von Stadterweiterung sowie grüne Infrastruktur in Städten umfassen, welche Klimarisiken in Städten verringern kann<sup>32</sup> (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.3) {4.9.1, 5.5, 5.6, 6.3, 6.4, 7.5.6}

<sup>32</sup> Die in diesem Bericht betrachteten Landsysteme beinhalten keine detaillierten Angaben zur Dynamik städtischer Ökosysteme. Stadtgebiete, Stadterweiterung und andere städtische Prozesse und deren Beziehung zu Landsystemprozessen sind umfangreich, dynamisch und komplex. Mehrere in diesem Bericht behandelte Themen wie Bevölkerung, Wachstum, Einkommen, Nahrungsmittelproduktion und -konsum, Ernährungssicherheit und Ernährung stehen in engem Zusammenhang mit diesen städtischen Prozessen. Städtische Gebiete sind auch Schauplatz vieler Prozesse, die mit der Dynamik von Landnutzungsänderungen verbunden sind, einschließlich des Verlusts von Ökosystemfunktionen und -leistungen, die zu einem erhöhten Katastrophenrisiko führen können. Einige spezifische städtische Probleme werden in diesem Bericht bewertet.

## B. Handlungsoptionen im Bereich Anpassung und Minderung

- B.1** Viele Maßnahmen im Zusammenhang mit Landsystemen, die zu Anpassung an den Klimawandel und Minderung beitragen, können auch Desertifikation und Landdegradierung bekämpfen und die Ernährungssicherheit verbessern. Das Potenzial für Maßnahmen im Zusammenhang mit Landsystemen und die relative Gewichtung von Anpassung und Minderung sind kontextspezifisch, einschließlich der Anpassungskapazitäten von Gemeinschaften und Regionen. Während Handlungsoptionen im Zusammenhang mit Landsystemen wichtige Beiträge zu Anpassung und Minderung leisten können, bestehen einige Hürden für Anpassung und Grenzen für ihren Beitrag zur globalen Minderung. (*sehr hohes Vertrauen*) (Abbildung SPM.3) {2.6, 4.8, 5.6, 6.1, 6.3, 6.4}
- B.1.1** Manche landbasierte Maßnahmen, die zu Anpassung an den Klimawandel, seiner Minderung und zu nachhaltiger Entwicklung beitragen, werden bereits ergriffen. Die Handlungsoptionen wurden für die Bereiche Anpassung, Minderung, Bekämpfung von Desertifikation und Landdegradierung, Ernährungssicherheit und nachhaltige Entwicklung bewertet, und manche Optionen sind bezüglich all dieser Herausforderungen wirksam. Zu diesen Optionen gehören unter anderem nachhaltige Nahrungsmittelproduktion, verbesserte und nachhaltige Forstwirtschaft, das Management von organischem Bodenkohlenstoff, Naturschutz und Wiederherstellung von Landsystemen, reduzierte Entwaldung und Degradierung sowie reduzierte Verluste und Verschwendung von Lebensmitteln (*hohes Vertrauen*). Diese Handlungsoptionen erfordern die Integration von biophysischen, sozioökonomischen und anderen Voraussetzungen. {6.3, 6.4.5, 7.5.6, Cross-Chapter Box 10 in Kapitel 7}
- B.1.2** Während manche Handlungsoptionen unmittelbare Folgen haben, benötigen andere Jahrzehnte, um messbare Ergebnisse zu erzielen. Beispiele für Handlungsoptionen mit unmittelbaren Folgen sind der Schutz kohlenstoffreicher Ökosysteme wie Torfmoore, Feuchtgebiete, Weideland, Mangroven und Wälder. Beispiele, die vielfache Ökosystemleistungen und -funktionen bereitstellen, aber mehr Zeit in Anspruch nehmen, sind Aufforstung und Wiederaufforstung sowie die Renaturierung kohlenstoffreicher Ökosysteme, Agroforstwirtschaft und die Rekultivierung degradiert Böden (*hohes Vertrauen*). {6.4.5, 7.5.6, Cross-Chapter Box 10 in Kapitel 7}
- B.1.3** Die erfolgreiche Umsetzung von Handlungsoptionen hängt von der Berücksichtigung lokaler Umweltbedingungen und sozioökonomischer Bedingungen ab. Einige Optionen wie das Bodenkohlenstoffmanagement sind potenziell auf ein breites Spektrum von Landnutzungsarten anwendbar, während die Wirksamkeit von Landmanagementpraktiken im Zusammenhang mit organischen Böden, Torfmooren und Feuchtgebieten sowie solcher im Zusammenhang mit Süßwasserressourcen von spezifischen agroökologischen Bedingungen abhängt (*hohes Vertrauen*). Angesichts der standortspezifischen Ausprägung von Folgen des Klimawandels für Komponenten des Ernährungssystems und der großen Unterschiede in Agrarökosystemen sind Anpassungs- und Minderungsoptionen und ihre Hürden mit dem Umwelt- und Kulturkontext auf regionaler und lokaler Ebene verbunden (*hohes Vertrauen*). Das Erreichen von Landdegradierungsneutralität hängt von der Integration vielfacher Maßnahmen auf lokalen, regionalen und nationalen Ebenen sowie vieler Sektoren wie Landwirtschaft, Weide, Wald und Wasser ab (*hohes Vertrauen*). {4.8, 6.2, 6.3, 6.4.4, 7.5.6}
- B.1.4** Landbasierte Optionen, die für Kohlenstoffbindung in Boden oder Vegetation sorgen, wie z. B. Aufforstung, Wiederaufforstung, Agroforstwirtschaft, Bodenkohlenstoffmanagement auf mineralischen Böden oder Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten, werden nicht unendlich lange weiter Kohlenstoff sequestrieren (*hohes Vertrauen*). Torfmoore können jedoch noch Jahrhunderte lang Kohlenstoff sequestrieren (*hohes Vertrauen*). Wenn Vegetation altert oder wenn Kohlenstoffspeicher in Vegetation und Boden ihre Sättigung erreichen, sinkt die jährliche CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Atmosphäre gegen Null, während die Kohlenstoffvorräte aufrechterhalten werden können (*hohes Vertrauen*). Für den in Vegetation und Boden angesammelten Kohlenstoff besteht jedoch das Risiko von Verlust (oder Senkenumkehr), ausgelöst durch Störungen wie Überschwemmungen, Dürren, Feuer oder Schädlingsausbrüche oder durch schlechtes Management in der Zukunft (*hohes Vertrauen*). {6.4.1}
- B.2** Die meisten der bewerteten Handlungsoptionen tragen positiv zu nachhaltiger Entwicklung und anderen gesellschaftlichen Zielen bei (*hohes Vertrauen*). Viele Handlungsoptionen können angewendet werden, ohne um Landflächen zu konkurrieren, und haben das Potenzial, vielfachen Zusatznutzen zu bieten (*hohes Vertrauen*). Eine weitere Reihe von Handlungsoptionen hat das Potenzial, den Landbedarf zu verringern und damit das Potenzial anderer Handlungsoptionen zu erhöhen, sowohl im Bereich Anpassung an den Klimawandel und Minderung als auch bezüglich der Bekämpfung von Desertifikation und Landdegradierung sowie der Verbesserung der Ernährungssicherheit wirksam zu werden (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.3) {4.8, 6.2, 6.3.6, 6.4.3}
- B.2.1** Eine Reihe von Landmanagementoptionen, wie z. B. eine verbesserte Bewirtschaftung von Acker- und Weideflächen, verbesserte und nachhaltige Forstwirtschaft und erhöhter organischer Kohlenstoffgehalt im Boden, erfordern keine Landnutzungsänderung und schaffen keine Nachfrage nach mehr Flächenumwandlung (*hohes Vertrauen*). Darüber hinaus kann eine Reihe von Handlungsoptionen, wie z. B. eine erhöhte Nahrungsmittelproduktivität, Entscheidungen bezüglich der Ernährungsweise und die Verringerung von Nahrungsmittelverlusten und -verschwendung, die Nachfrage nach Landumwandlung reduzieren, wodurch potenziell Land freigegeben wird und Gelegenheiten für eine bessere Umsetzung anderer Handlungsoptionen geschaffen werden (*hohes Vertrauen*). Handlungsoptionen, die den Wettbewerb um Land verringern, sind möglich und in verschiedenen Größenordnungen anwendbar, vom landwirtschaftlichen Betrieb bis hin zur Region (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.3) {4.8, 6.3.6, 6.4}

- B.2.2 Ein breites Spektrum von Anpassungs- und Minderungsmaßnahmen, z. B. Erhaltung und Wiederherstellung natürlicher Ökosysteme wie Torfmoore, Küstengebiete und -wälder, Schutz der biologischen Vielfalt, Verringerung des Wettbewerbs um Land, Feuer- und Bodenmanagement sowie die meisten Risikomanagementoptionen (z. B. Nutzung von lokalem Saatgut, Katastrophenrisikomanagement, Instrumente zur Risikoteilung) können potenziell positive Beiträge zu nachhaltiger Entwicklung, zur Verbesserung von Ökosystemfunktionen und -leistungen sowie zu anderen gesellschaftlichen Zielen leisten (*mittleres Vertrauen*). Ökosystembasierte Anpassung kann in einigen Fällen Naturschutz fördern und gleichzeitig Armut lindern und kann durch Beseitigung von Treibhausgasen und Schutz von Lebensgrundlagen (z. B. Mangroven) sogar Zusatznutzen bieten (*mittleres Vertrauen*). {6.4.3, 7.4.6.2}
- B.2.3 Die meisten der landmanagementbasierten Handlungsoptionen, die den Wettbewerb um Land nicht erhöhen, und fast alle Optionen, die auf Wertschöpfungskettenmanagement (z. B. Entscheidungen bezüglich der Ernährungsweise, reduzierte Verluste nach der Ernte, reduzierte Lebensmittelverschwendung) und Risikomanagement basieren, können zur Beseitigung von Armut und Hunger beitragen und gleichzeitig gute Gesundheit und Wohlergehen, sauberes Wasser und Sanitärversorgung, Klimaschutz und Leben an Land fördern (*mittleres Vertrauen*). {6.4.3}
- B.3 Obwohl die meisten Handlungsoptionen angewendet werden können, ohne um verfügbare Landflächen zu konkurrieren, können einige den Bedarf an Landflächenumwandlung erhöhen (*hohes Vertrauen*). In einer Größenordnung von mehreren Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr könnte dieser erhöhte Bedarf an Landflächenumwandlung zu negativen Nebeneffekten auf Anpassung, Desertifikation, Landdegradierung und Ernährungssicherheit führen (*hohes Vertrauen*). Wenn sie auf einen begrenzten Teil der Gesamtfläche angewendet und in nachhaltig bewirtschaftete Landschaften integriert werden, werden weniger negative Nebeneffekte auftreten und einige positive Zusatznutzen realisiert werden können (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.3) {4.5, 6.2, 6.4, Cross-Chapter Box 7 in Kapitel 6}**
- B.3.1 Bei Anwendung in Maßstäben, die für die Entfernung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre in der Größenordnung von mehreren Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr erforderlich sind, könnten Aufforstung, Wiederaufforstung und die Nutzung von Land zur Bereitstellung von Rohstoffen für Bioenergie mit oder ohne CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -speicherung oder für Biokohle den Bedarf an Landumwandlung erheblich erhöhen (*hohes Vertrauen*). Eine Integration in nachhaltig bewirtschaftete Landschaften in angemessenem Maßstab kann negative Folgen mildern (*mittleres Vertrauen*). Reduzierte Grünlandumwandlung in Anbauflächen, Wiederherstellung und reduzierte Umwandlung von Torfmooren sowie Wiederherstellung und reduzierte Umwandlung von Küstenfeuchtgebieten betreffen weltweit kleinere Landflächen, und die Folgen für die Landnutzungsänderung dieser Optionen sind kleiner oder variieren stärker (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.3) {Cross-Chapter Box 7 in Kapitel 6, 6.4}
- B.3.2 Auch wenn Landsysteme einen wertvollen Beitrag zur Minderung des Klimawandels leisten können, gibt es Grenzen für den Einsatz von landgestützten Minderungsmaßnahmen wie Energiepflanzen oder Aufforstung. Eine großflächige Nutzung in einer Größenordnung von mehreren Millionen Quadratkilometern weltweit könnte die Risiken für Desertifikation, Landdegradierung, Ernährungssicherheit und nachhaltige Entwicklung erhöhen (*mittleres Vertrauen*). Auf einen begrenzten Teil der Gesamtfläche angewandt, haben landbasierte Minderungsmaßnahmen, die andere Landnutzungen verdrängen, weniger nachteilige Nebenwirkungen und können positive Zusatznutzen für Anpassung, Desertifikation, Landdegradierung oder Ernährungssicherheit haben (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.3) {4.2, 4.5, 6.4; Cross-Chapter Box 7 in Kapitel 6}
- B.3.3 Die Produktion und Nutzung von Biomasse für Bioenergie kann Zusatznutzen, nachteilige Nebenwirkungen und Risiken für Landdegradierung, Ernährungsunsicherheit, Treibhausgasemissionen und andere Umwelt- und Nachhaltigkeitsziele bergen (*hohes Vertrauen*). Diese Folgen sind kontextspezifisch und hängen vom Umfang des Einsatzes, der ursprünglichen Landnutzung, der Art des Landsystems, dem Bioenergieerohstoff, ursprünglichen Kohlenstoffgehalten, der Klimaregion und dem Bewirtschaftungsregime ab; andere Handlungsoptionen mit Landbedarf können eine ähnliche Bandbreite von Folgen haben (*hohes Vertrauen*). Die Verwendung von Rückständen und organischen Abfällen als Bioenergieerohstoff kann den mit der Nutzung von Bioenergie verbundenen Druck auf die Landnutzung verringern, aber die Rückstände sind begrenzt, und die Wegnahme von Rückständen, die ansonsten auf dem Boden zurückbleiben würden, könnte zu Bodendegradierung führen (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.3) {2.6.1.5, Cross-Chapter Box 7 in Kapitel 6}
- B.3.4 Bei projizierten sozioökonomischen Pfaden mit geringer Bevölkerung, wirksamer Landnutzungsregulierung, Nahrungsmitteln aus Produktionssystemen mit geringen Treibhausgasemissionen und weniger Nahrungsmittelverlust und -verschwendung (SSP1) erfolgt der Übergang von geringem zu mittlerem Risiko für Ernährungssicherheit, Landdegradierung und Wasserknappheit in Trockengebieten zwischen 1 und 4 Millionen Quadratkilometern Bioenergie oder Bioenergie mit Kohlendioxidabscheidung und -speicherung (BECCS) (*mittleres Vertrauen*). Im Gegensatz dazu erfolgt in Pfaden mit hoher Bevölkerung, niedrigem Einkommen und langsamem Technologiewandel (SSP3) der Übergang von geringem zu mittlerem Risiko zwischen 0,1 und 1 Millionen Quadratkilometern (*mittleres Vertrauen*). (Box SPM.1) {6.4, Tabelle SM7.6, Cross-Chapter Box 7 in Kapitel 6}

- B.4** Viele Maßnahmen zur Bekämpfung von Desertifikation können zur Anpassung an den Klimawandel beitragen und dabei positive Nebeneffekte für Minderung erzeugen. Außerdem können sie zur Eindämmung des Verlusts an biologischer Vielfalt beitragen und dabei positive Nebeneffekte für die Gesellschaft in Bezug auf nachhaltige Entwicklung erzeugen (*hohes Vertrauen*). Die Vermeidung, Verringerung und Umkehrung von Desertifikation würde die Bodenfruchtbarkeit verbessern, die Kohlenstoffspeicherung in Böden und Biomasse erhöhen und gleichzeitig die landwirtschaftliche Produktivität und die Ernährungssicherheit verbessern (*hohes Vertrauen*). Die Verhinderung von Desertifikation ist dem Versuch, degradierte Böden wiederherzustellen, aufgrund des Potenzials für Restrisiken und fehlangepasste Ergebnisse vorzuziehen (*hohes Vertrauen*). {3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, 3.6.4, 3.7.1, 3.7.2}
- B.4.1** Lösungen, die zur Anpassung an den Klimawandel und zu seiner Minderung und gleichzeitig zur Desertifikationsbekämpfung beitragen, sind standort- und regionalspezifisch und umfassen unter anderem: Erschließung natürlich anfallender Wasserressourcen (*water harvesting*) und Mikrobewässerung, Wiederherstellung degradierter Landflächen mit dürrerbeständigen, ökologisch geeigneten Pflanzen, Agroforstwirtschaft und andere agroökologische und ökosystembasierte Anpassungsverfahren (*hohes Vertrauen*). {3.3, 3.6.1, 3.7.2, 3.7.5, 5.2, 5.6}
- B.4.2** Eine Reduzierung von Staub- und Sandstürmen und der Bewegung von Sanddünen kann die negativen Auswirkungen von Winderosion verringern sowie Luftqualität und Gesundheit verbessern (*hohes Vertrauen*). Abhängig von Wasserverfügbarkeit und Bodenbeschaffenheit können Aufforstung, Baumpflanzung und Programme zur Wiederherstellung von Ökosystemen, die auf die Schaffung von Windschutz in Form von „grünen Mauern“ und „grünen Dämmen“ abzielen und dafür einheimische und andere klimaresiliente Baumarten mit geringem Wasserbedarf nutzen, Sandstürme reduzieren, Winderosion verhindern und zu Kohlenstoffsenken beitragen, während sie gleichzeitig Mikroklima, Bodennährstoffe und Wasserspeicherung verbessern (*hohes Vertrauen*). {3.3, 3.6.1, 3.7.2, 3.7.5}
- B.4.3** Maßnahmen zur Desertifikationsbekämpfung können die Kohlenstoffbindung im Boden fördern (*hohes Vertrauen*). Die Wiederherstellung der natürlichen Vegetation und die Pflanzung von Bäumen auf degradierten Landflächen reichert auf lange Sicht Kohlenstoff im Ober- und Unterboden an (*mittleres Vertrauen*). Modellierete Kohlenstoffsequestrierungsraten nach der Einführung konservierender landwirtschaftlicher Praktiken in Trockengebieten hängen von lokalen Bedingungen ab (*mittleres Vertrauen*). Wenn Bodenkohlenstoff verloren geht, kann es einen längeren Zeitraum dauern, bis sich die Kohlenstoffvorräte wieder erholen. {3.1.4, 3.3, 3.6.1, 3.6.3, 3.7.1, 3.7.2}
- B.4.4** Die Beseitigung von Armut und die Gewährleistung von Ernährungssicherheit können profitieren, wenn Maßnahmen zur Förderung der Landdegradierungsneutralität (einschließlich der Vermeidung, Verringerung und Umkehr von Landdegradierung) in Weideland, Ackerland und Wäldern angewandt werden, die zur Desertifikationsbekämpfung beitragen und gleichzeitig den Klimawandel im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung mindern und für Anpassung sorgen. Zu diesen Maßnahmen gehören die Vermeidung von Entwaldung und lokal geeignete Praktiken, einschließlich des Managements von Weideland- und Waldbränden (*hohes Vertrauen*). {3.4.2, 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, 4.8.5}
- B.4.5** Derzeit fehlt es an Wissen über Anpassungsgrenzen und mögliche Fehlanpassung an kombinierte Auswirkungen von Klimawandel und Desertifikation. Da es keine neuen oder erweiterten Anpassungsmöglichkeiten gibt, ist das Potenzial für Restrisiken und fehlangepasste Ergebnisse hoch (*hohes Vertrauen*). Selbst wenn Lösungen verfügbar sind, können soziale, wirtschaftliche und institutionelle Beschränkungen ihre Umsetzung behindern (*mittleres Vertrauen*). Einige Anpassungsoptionen können aufgrund ihrer Umweltfolgen fehlangepasst werden, wie z. B. Bewässerung, die zu Bodenversalzung führt, oder zu starke Entnahmen, die zur Erschöpfung des Grundwassers führen (*mittleres Vertrauen*). Extreme Formen von Desertifikation können zu vollständigem Verlust der Produktivität von Landsystemen führen, was Anpassungsmöglichkeiten einschränkt oder an die Grenzen der Anpassung stößt (*hohes Vertrauen*). {Executive Summary Kapitel 3, 3.6.4, 3.7.5, 7.4.9}
- B.4.6** Entwicklung, Ermöglichung und Förderung des Zugangs zu saubereren Energiequellen und Technologien können zu Anpassung und zur Minderung des Klimawandels sowie zur Bekämpfung von Desertifikation und Waldschädigung beitragen, indem die Nutzung traditioneller Biomasse zur Energiegewinnung verringert und gleichzeitig die Vielfalt der Energieversorgung erhöht wird (*mittleres Vertrauen*). Dies kann sozioökonomische und gesundheitliche Vorteile haben, insbesondere für Frauen und Kinder (*hohes Vertrauen*). Die Effizienz von Wind- und Solarenergieinfrastrukturen ist anerkannt; die Effizienz kann in einigen Regionen durch Staub- und Sandstürme beeinträchtigt werden (*hohes Vertrauen*). {3.5.3, 3.5.4, 4.4.4, 7.5.2, Cross-Chapter Box 12 in Kapitel 7}

- B.5 Nachhaltiges Landmanagement<sup>33</sup>, einschließlich nachhaltiger Forstwirtschaft<sup>34</sup>, kann Landdegradierung verhindern und verringern, die Produktivität von Landsystemen aufrechterhalten und manchmal die negativen Folgen des Klimawandels auf die Landdegradierung umkehren (*sehr hohes Vertrauen*). Es kann auch zu Minderung und Anpassung beitragen (*hohes Vertrauen*). Die Verringerung und Umkehrung von Landdegradierung – in der Größenordnung von einzelnen landwirtschaftlichen Betrieben bis hin zu ganzen Wassereinzugsgebieten – kann der Allgemeinheit kosteneffiziente, unmittelbare und langfristige Vorteile bringen und mehrere der Ziele für Nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (*Sustainable Development Goals*, SDGs) unterstützen – mit positiven Nebeneffekten für Anpassung (*sehr hohes Vertrauen*) und Minderung (*hohes Vertrauen*). Sogar bei Umsetzung eines nachhaltigen Landmanagements können in einigen Situationen die Grenzen der Anpassung überschritten werden (*mittleres Vertrauen*). {1.3.2, 4.1.5, 4.8, 7.5.6, Tabelle 4.2}**
- B.5.1** Landdegradierung in Agrarsystemen kann durch nachhaltiges Landmanagement mit ökologischem und sozioökonomischem Schwerpunkt angegangen werden, was Zusatznutzen für die Anpassung an den Klimawandel bringt. Zu den Managementoptionen, die die Verwundbarkeit gegenüber Bodenerosion und Nährstoffverlust verringern, gehören der Anbau von Gründüngerkulturen und Zwischenfrüchten, der Verbleib von Ernterückständen, reduzierte/keine Bodenbearbeitung und die Aufrechterhaltung der Bodenbedeckung durch ein verbessertes Weidemanagement (*sehr hohes Vertrauen*). {4.8}
- B.5.2** Die folgenden Optionen haben ebenfalls Zusatznutzen bezüglich Minderung. Landwirtschaftssysteme wie Agroforstwirtschaft, ganzjährige Weidephasen und die Verwendung von mehrjährigen Getreidearten können Erosion und Nährstoffauswaschung erheblich reduzieren und gleichzeitig Bodenkohlenstoff aufbauen (*hohes Vertrauen*). Das globale Sequestrierungspotenzial von Zwischenfrüchten läge bei etwa  $0,44 \pm 0,11$  Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr, wenn es auf 25 % der globalen Anbaufläche angewendet würde (*hohes Vertrauen*). Die Ausbringung bestimmter Biokohlen kann Kohlenstoff binden (*hohes Vertrauen*) und die Bodenbedingungen in manchen Bodentypen/Klimazonen verbessern (*mittleres Vertrauen*). {4.8.1.1, 4.8.1.3, 4.9.2, 4.9.5, 5.5.1, 5.5.4, Cross-Chapter Box 6 in Kapitel 5}
- B.5.3** Die Verringerung von Entwaldung und Waldschädigung senkt Treibhausgasemissionen (*hohes Vertrauen*), dabei besteht ein geschätztes technisches Minderungspotenzial von 0,4–5,8 Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr. Durch die Bereitstellung langfristiger Lebensgrundlagen für Gemeinschaften kann nachhaltige Forstwirtschaft das Ausmaß von Waldumwandlung in nicht-forstliche Nutzungen (z. B. Ackerland oder Siedlungen) reduzieren (*hohes Vertrauen*). Nachhaltige Forstwirtschaft mit dem Ziel, Holz, Fasern, Biomasse, Nicht-holzressourcen und andere Ökosystemfunktionen und -leistungen bereitzustellen, kann Treibhausgasemissionen senken und zu Anpassung beitragen (*hohes Vertrauen*). {2.6.1.2, 4.1.5, 4.3.2, 4.5.3, 4.8.1.3, 4.8.3, 4.8.4}
- B.5.4** Nachhaltige Forstwirtschaft kann Kohlenstoffbestände in Wäldern erhalten oder vergrößern und kann Kohlenstoffsenken in Wäldern erhalten, inklusive durch den Transfer von Kohlenstoff in Holzprodukte, wodurch das Problem der Senkensättigung angegangen wird (*hohes Vertrauen*). Wo Holzkohlenstoff in Holzprodukte übertragen wird, können diese Produkte Kohlenstoff langfristig speichern und emissionsintensive Materialien ersetzen, was die Emissionen in anderen Sektoren reduziert (*hohes Vertrauen*). Bei der energetischen Nutzung von Biomasse, z. B. als Minderungsstrategie, wird der Kohlenstoff schneller wieder in die Atmosphäre freigesetzt (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.3) {2.6.1, 2.7, 4.1.5, 4.8.4, 6.4.1, Cross-Chapter Box 7 in Kapitel 6}
- B.5.5** Klimawandel kann zu Landdegradierung führen, selbst wenn Maßnahmen zur Vermeidung, Verringerung oder Umkehrung von Landdegradierung ergriffen werden (*hohes Vertrauen*). Solche Anpassungsgrenzen sind dynamisch, standortspezifisch und werden durch die Interaktion von biophysikalischen Veränderungen mit sozialen und institutionellen Bedingungen bestimmt (*sehr hohes Vertrauen*). In einigen Situationen kann die Überschreitung von Anpassungsgrenzen eskalierende Verluste auslösen oder zu unerwünschten transformatorischen Veränderungen führen (*mittleres Vertrauen*), wie z. B. erzwungene Migration (*geringes Vertrauen*), Konflikte (*geringes Vertrauen*) oder Armut (*mittleres Vertrauen*). Beispiele für durch den Klimawandel verursachte Landdegradierung, welche Anpassungsgrenze überschreiten kann, sind u. a. Küstenerosion mit Landverlust, welche durch den Anstieg des Meeresspiegels verstärkt wird (*hohes Vertrauen*), das Auftauen von Permafrost, das Infrastruktur und Lebensgrundlagen beeinträchtigt (*mittleres Vertrauen*), und extreme Bodenerosion, die einen Verlust von Produktionskapazität verursacht (*mittleres Vertrauen*). {4.7, 4.8.5, 4.8.6, 4.9.6, 4.9.7, 4.9.8}

<sup>33</sup> Nachhaltiges Landmanagement ist in diesem Bericht definiert als „Verwaltung und Nutzung von Landressourcen einschließlich Böden, Wasser, Tieren und Pflanzen, um wechselnde menschliche Bedürfnisse zu decken und gleichzeitig das langfristige produktive Potenzial dieser Ressourcen sowie die Erhaltung ihrer ökologischen Funktionen zu bewahren“. Beispiele für Optionen sind unter anderem Agrarökologie (einschließlich Agroforstwirtschaft), konservierende Land- und Forstwirtschaftspraktiken, Vielfalt von Nutzpflanzen und von Arten im Wald, geeignete Fruchtfolgen in Ackerbau und Forstwirtschaft, ökologischer Landbau, integrierter Pflanzenschutz, Erhaltung von Bestäubern, Regenwassernutzung, Weidemanagement sowie Präzisionslandwirtschaftssysteme.

<sup>34</sup> Nachhaltige Forstwirtschaft wird in diesem Bericht definiert als „Verwaltung und Nutzung von Wäldern und Waldflächen in einer Weise und in einem Umfang, die ihre Biodiversität, Produktivität, Regenerationsfähigkeit, Vitalität und ihr Potenzial zur Erfüllung relevanter ökologischer, wirtschaftlicher und sozialer Funktionen auf lokaler, nationaler und globaler Ebene jetzt und in Zukunft aufrechterhalten und keine Schäden an anderen Ökosystemen verursachen“.



- B.6 Handlungsoptionen im gesamten Ernährungssystem, von der Produktion bis zum Verbrauch, einschließlich Nahrungsmittelverlusten und -verschwendung, können eingesetzt und ausgebaut werden, um Anpassung und Minderung vorzubringen (*hohes Vertrauen*). Das gesamte technische Minderungspotenzial aus Ackerbau und Tierhaltung sowie der Agroforstwirtschaft wird auf 2,3–9,6 Gt CO<sub>2</sub>Äq pro Jahr bis 2050 beziffert (*mittleres Vertrauen*). Das gesamte technische Minderungspotenzial von Änderungen von Ernährungsweisen wird auf 0,7–8,0 Gt CO<sub>2</sub>Äq pro Jahr bis 2050 beziffert (*mittleres Vertrauen*). {5.3, 5.5, 5.6}**
- B.6.1** Zu den Praktiken, die auf Ackerflächen zur Anpassung an den Klimawandel und zu seiner Minderung beitragen, gehören die Vermehrung organischer Substanz im Boden, Erosionskontrolle, verbessertes Düngemanagement, verbessertes Anbaumanagement, z. B. Paddy-Reismanagement, sowie die Nutzung von Sorten und genetischen Verbesserungen für Hitze- und Dürretoleranz. Für die Viehzucht gehören unter anderem bessere Bewirtschaftung von Weideflächen, verbesserte Güllewirtschaft, hochwertigere Futtermittel sowie die Nutzung von Rassen und genetischen Verbesserungen zu den Optionen. Unterschiedliche Landwirtschafts- und Weidesysteme können eine Verringerung der Emissionsintensität von tierischen Erzeugnissen bewirken. Abhängig von den Landwirtschafts- und Weidesystemen und dem Entwicklungsstand können Verringerungen der Emissionsintensität von tierischen Erzeugnissen zu absoluten Verringerungen der Treibhausgasemissionen führen (*mittleres Vertrauen*). Viele Optionen im Zusammenhang mit der Tierhaltung können die Anpassungsfähigkeit ländlicher Gemeinschaften, insbesondere von Kleinbauern und Viehzüchtern, verbessern. Zwischen Anpassung und Minderung bestehen erhebliche Synergien, z. B. über nachhaltige Landmanagementansätze (*hohes Vertrauen*). {4.8, 5.3.3, 5.5.1, 5.6}
- B.6.2** Eine Diversifikation im Ernährungssystem (z. B. Umsetzung integrierter Produktionssysteme, breit aufgestellte genetische Ressourcen und Ernährungsweisen) kann Risiken des Klimawandels reduzieren (*mittleres Vertrauen*). Ausgewogene Ernährungsweisen mit pflanzlichen Nahrungsmitteln, z. B. auf Basis von Grobgetreide, Hülsenfrüchten, Obst und Gemüse, Nüssen und Samen, sowie tierischen Nahrungsmitteln aus resilienter, nachhaltiger und treibhausgasarmer Produktion bieten bedeutende Gelegenheiten für Anpassung und Minderung und schaffen gleichzeitig signifikante Zusatznutzen für die menschliche Gesundheit (*hohes Vertrauen*). Bis 2050 könnten Ernährungsumstellungen mehrere Millionen Quadratkilometer Land freisetzen (*mittleres Vertrauen*) und ein technisches Minderungspotenzial von 0,7 bis 8,0 Gt CO<sub>2</sub>Äq pro Jahr im Vergleich zu *Business-as-usual*-Projektionen bieten (*hohes Vertrauen*). Umstellungen auf Ernährungsweisen mit niedrigen Treibhausgasemissionen können durch lokale Produktionspraktiken, technische und finanzielle Barrieren sowie damit verbundene Lebensgrundlagen und kulturelle Gewohnheiten beeinflusst werden (*hohes Vertrauen*). {5.3, 5.5.2, 5.5, 5.6}
- B.6.3** Eine Reduzierung von Nahrungsmittelverlust und -verschwendung kann Treibhausgasemissionen senken und durch Verringerung der für die Nahrungsmittelproduktion benötigten Fläche zu Anpassung beitragen (*mittleres Vertrauen*). Im Zeitraum 2010–2016 entfielen auf Verlust und Verschwendung von Nahrungsmitteln weltweit 8–10 % des gesamten anthropogenen Treibhausgasausstoßes (*mittleres Vertrauen*). Derzeit gehen 25–30 % der gesamten produzierten Nahrungsmittel verloren oder werden verschwendet (*mittleres Vertrauen*). Technische Optionen wie Verbesserungen bei Erntetechniken, der Lagerung im landwirtschaftlichen Betrieb, Infrastruktur, Transport, Verpackung, Einzelhandel und Bildung können Lebensmittelverluste und -verschwendung entlang der Lieferkette reduzieren. Die Ursachen für Nahrungsmittelverlust und -verschwendung unterscheiden sich erheblich zwischen Industrie- und Entwicklungsländern sowie zwischen Regionen (*mittleres Vertrauen*). Bis 2050 kann reduzierter Nahrungsmittelverlust und reduzierte Verschwendung mehrere Millionen Quadratkilometer Land freisetzen (*geringes Vertrauen*). {5.5.2, 6.3.6}
- B.7 Die zukünftige Landnutzung hängt – zum Teil – von den angestrebten klimatischen Bedingungen und dem Portfolio der eingesetzten Handlungsoptionen ab (*hohes Vertrauen*). Alle untersuchten modellierten Pfade, welche die Erwärmung auf 1,5 °C oder weit unter 2 °C begrenzen, erfordern landbasierte Minderung und Landnutzungsänderung, wobei die meisten verschiedene Kombinationen aus Wiederaufforstung, Aufforstung, reduzierter Entwaldung und Bioenergie beinhalten (*hohes Vertrauen*). Eine kleine Anzahl von modellierten Pfaden erreicht 1,5 °C bei reduzierter Landflächenumwandlung (*hohes Vertrauen*) und damit reduzierten Auswirkungen auf Desertifikation, Landdegradierung und Ernährungssicherheit (*mittleres Vertrauen*). (Abbildung SPM.4) {2.6, 6.4, 7.4, 7.6, Cross-Chapter Box 9 in Kapitel 6}**
- B.7.1** Modellierte Pfade, welche die globale Erwärmung auf 1,5 °C begrenzen<sup>35</sup>, beinhalten mehr landgestützte Minderungsmaßnahmen als Pfade mit höheren Erwärmungsniveaus (*hohes Vertrauen*), aber die Folgen des Klimawandels für Landsysteme sind in diesen Pfaden weniger schwerwiegend (*mittleres Vertrauen*). (Abbildung SPM.2, Abbildung SPM.4) {2.6, 6.4, 7.4, Cross-Chapter Box 9 in Kapitel 6}

<sup>35</sup> In diesem Bericht basieren Verweise auf Pfade, welche die globale Erwärmung auf ein bestimmtes Niveau begrenzen, auf einer 66 %-igen Wahrscheinlichkeit, bei Nutzung des MAGICC-Modells im Jahr 2100 unter diesem Temperaturniveau zu bleiben.



- B.7.2 Modellierte Pfade, welche die globale Erwärmung auf 1,5 °C und 2 °C begrenzen, projizieren Änderungen der Waldfläche von einer Reduzierung um 2 Millionen Quadratkilometer bis hin zu einer Zunahme um 12 Millionen Quadratkilometer im Jahr 2050 gegenüber 2010 (*mittleres Vertrauen*). 3 °C-Pfade projizieren kleinere Waldflächen, von einer Reduzierung um 4 Millionen Quadratkilometer bis hin zu einer Zunahme um 6 Millionen Quadratkilometer (*mittleres Vertrauen*). (Abbildung SPM.3, Abbildung SPM.4) {2.5, 6.3, 7.3, 7.5, Cross-Chapter Box 9 in Kapitel 6}
- B.7.3 Die in modellierten Pfaden benötigte Fläche für Bioenergie variiert stark je nach sozioökonomischem Pfad, Erwärmungsniveau sowie dem verwendeten Rohstoff und Produktionssystem (*hohes Vertrauen*). Modellierte Pfade, welche die globale Erwärmung auf 1,5 °C begrenzen, nutzen bis zu 7 Millionen Quadratkilometer für Bioenergie im Jahr 2050; die Landfläche für Bioenergie ist kleiner für 2 °C- (0,4 bis 5 Millionen Quadratkilometer) und 3 °C-Pfade (0,1 bis 3 Millionen Quadratkilometer) (*mittleres Vertrauen*). Pfade mit einem hohen Grad an Landumwandlung können nachteilige Nebenwirkungen haben, die sich auf Wasserknappheit, biologische Vielfalt, Landdegradierung, Desertifikation und Ernährungssicherheit auswirken, wenn sie nicht angemessen und sorgfältig verwaltet werden, während die Umsetzung bewährter Verfahren in geeigneten Maßstäben Zusatznutzen haben kann, wie z. B. Management von salzhaltigen Böden in Trockengebieten, verstärkte biologische Schädlingsbekämpfung und biologische Vielfalt sowie die Verbesserung der Kohlenstoffbindung im Boden (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.3) {2.6, 6.1, 6.4, 7.2, Cross-Chapter Box 7 in Kapitel 6}
- B.7.4 Die meisten Minderungspfade beinhalten einen erheblichen Einsatz von Bioenergietechnologien. Eine kleine Anzahl von modellierten Pfaden begrenzt die Erwärmung mit geringerer Abhängigkeit von Bioenergie und BECCS (Landfläche unter < 1 Million Quadratkilometer im Jahr 2050) oder anderen Optionen zur Kohlendioxidentnahme (*carbon dioxide removal*, CDR) auf 1,5 °C (*hohes Vertrauen*). Diese Pfade sind noch stärker von schnellen und weitreichenden Systemübergängen in den Bereichen Energie, Landsysteme, städtische Systeme und Infrastruktur sowie von Verhaltens- und Lebensstiländerungen abhängig als andere 1,5 °C-Pfade. {2.6.2, 5.5.1, 6.4, Cross-Chapter Box 7 in Kapitel 6}
- B.7.5 Diese modellierten Pfade berücksichtigen keine Auswirkungen des Klimawandels auf Landsysteme oder CO<sub>2</sub>-Düngung. Darüber hinaus beinhalten diese Pfade nur eine Teilmenge der in diesem Bericht bewerteten Handlungsoptionen (*hohes Vertrauen*); die Einbeziehung zusätzlicher Handlungsoptionen in Modelle könnte den projizierten Bedarf an Bioenergie oder CDR, der die Nachfrage nach Land erhöht, verringern. {6.4.4, Cross-Chapter Box 9 in Kapitel 6}

# Möglicher globaler Beitrag von Handlungsoptionen zu Minderung, Anpassung, Bekämpfung von Desertifikation und Landdegradierung sowie zur Verbesserung der Ernährungssicherheit

Tafel A zeigt Handlungsoptionen, die ohne oder mit begrenztem Wettbewerb um Land umgesetzt werden können, einschließlich solcher, die das Potenzial haben, die Nachfrage nach Land zu reduzieren. Zusatznutzen und negative Nebeneffekte werden quantitativ dargestellt, basierend auf dem oberen Ende der Bandbreite an bewerteten Potenzialen. Die Beitragsgrößen werden anhand von Schwellenwerten für positive oder negative Wirkungen kategorisiert. Buchstaben innerhalb der Zellen geben das Vertrauen in die Größenklasse einer Wirkung im Verhältnis zu den verwendeten Schwellenwerten an (siehe Legende). Das Vertrauen in die Änderungsrichtung ist im Allgemeinen höher.

## Handlungsoptionen auf Basis von Landmanagement

	Minderung	Anpassung	Desertifikation	Landdegradierung	Ernährungssicherheit	Kosten	
Landwirtschaft	Erhöhte Nahrungsmittelproduktivität	G	M	G	M	H	—
	Agroforstwirtschaft	M	M	M	M	G	●
	Verbessertes Anbauflächenmanagement	M	G	G	G	G	●●
	Verbessertes Nutztiermanagement	M	G	G	G	G	●●●
	Diversifizierung der Landwirtschaft	G	G	G	M	G	●
	Verbessertes Weideflächenmanagement	M	G	G	G	G	—
	Integriertes Wassermanagement	G	G	G	G	G	●●
	Reduzierte Umwandlung von Grünland in Ackerland	G	—	G	G	G	●
Wälder	Forstwirtschaft	M	G	G	G	G	●●
	Reduzierte Entwaldung und Waldschädigung	H	G	G	G	G	●●
Böden	Erhöhter organischer Kohlenstoffgehalt im Boden	H	G	M	M	G	●●
	Weniger Bodenerosion	↔ G	G	M	M	G	●●
	Weniger Bodenversalzung	—	G	G	G	G	●●
	Weniger Bodenverdichtung	—	G	—	G	G	●
Andere Ökosysteme	Brandmanagement	M	M	M	M	G	●
	Weniger Erdbeben und Naturgefahren	G	G	G	G	G	—
	Weniger Verschmutzung einschließlich Versauerung	↔ M	M	G	G	G	—
	Wiederherstellung und weniger Umwandlung von Küstenfeuchtgebieten	M	G	M	M	↔ G	—
	Wiederherstellung und weniger Umwandlung von Torfmooren	M	—	na	M	G	●

## Handlungsoptionen auf Basis von Wertschöpfungskettenmanagement

Nachfrage	Weniger Verluste nach der Ernte	H	M	G	G	H	—
	Ernährungsumstellung	H	—	G	H	H	—
	Weniger Lebensmittelverschwendung (Verbraucher oder Einzelhändler)	H	—	G	M	M	—
Angebot	Nachhaltige Beschaffung	—	G	—	G	G	—
	Verbesserungen bei Lebensmittelverarbeitung und -einzelhandel	G	G	—	—	G	—
	Verbesserte Energienutzung in Ernährungssystemen	G	G	—	—	G	—

## Handlungsoptionen auf Basis von Risikomanagement

Risiko	Diversifizierung von Lebensgrundlagen	—	G	—	G	G	—
	Management städtischer Zersiedelung	—	G	G	M	G	—
	Instrumente zur Risikoteilung	↔ G	G	—	↔ G	G	●●

Dargestellt sind diejenigen Optionen, für die Daten verfügbar sind, um das globale Potenzial für drei oder mehr Landsystemproblematiken zu bewerten.

### Kriterienschlüssel für die Einordnung der Wirkung jeder integrierten Handlungsoption in die Größenklassen

	Minderung <i>Gt CO<sub>2</sub>Äq pro Jahr</i>	Anpassung <i>Millionen Menschen</i>	Desertifikation <i>Millionen km<sup>2</sup></i>	Landdegradierung <i>Millionen km<sup>2</sup></i>	Ernährungssicherheit <i>Millionen Menschen</i>
<b>positiv</b>					
<b>Groß</b>	Mehr als 3	Positiv für mehr als 25	Positiv für mehr als 3	Positiv für mehr als 3	Positiv für mehr als 100
<b>Moderat</b>	0,3 bis 3	1 bis 25	0,5 bis 3	0,5 bis 3	1 bis 100
<b>Klein</b>	Weniger als 0,3	Weniger als 1	Weniger als 0,5	Weniger als 0,5	Weniger als 1
<b>Vernachlässigbar</b>	Kein Effekt	Kein Effekt	Kein Effekt	Kein Effekt	Kein Effekt
<b>negativ</b>					
<b>Klein</b>	Weniger als -0,3	Weniger als 1	Weniger als 0,5	Weniger als 0,5	Weniger als 1
<b>Moderat</b>	-0,3 bis -3	1 bis 25	0,5 bis 3	0,5 bis 3	1 bis 100
<b>Groß</b>	Mehr als -3	Negativ für mehr als 25	Negativ für mehr als 3	Negativ für mehr als 3	Negativ für mehr als 100

↔ Variabel: kann positiv oder negativ sein   
 — keine Daten   
 na Nicht anwendbar

### Vertrauensniveau

Zeigt das Vertrauen in die Angabe der Größenklasse an.

H Hohes Vertrauen  
M Mittleres Vertrauen  
G Geringes Vertrauen

### Kostenbereich

Kostenbereiche in US-Dollar pro t CO<sub>2</sub>Äq oder US-Dollar pro Hektar siehe Bildunterschrift.

●●● Hohe Kosten  
●●● Mittlere Kosten  
● Niedrige Kosten  
— keine Daten

# Potentieller globaler Beitrag von Handlungsoptionen zu Minderung, Anpassung, Bekämpfung von Desertifikation und Landdegradierung sowie Verbesserung der Ernährungssicherheit

**Tafel B** zeigt Handlungsoptionen, die auf zusätzliche Landnutzungsänderungen angewiesen sind und unter verschiedenen Umsetzungskontexten Auswirkungen auf drei oder mehr Landsystemproblematiken haben könnten. Für jede Option zeigt die erste Zeile (Umsetzung auf hohem Niveau) eine quantitative Bewertung (wie in Tafel A) der Auswirkungen bei einer globalen Umsetzung in Maßstäben, die CO<sub>2</sub>-Entnahmen von mehr als 3 Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr liefern; dabei werden die in Tafel A dargestellten Größenklassen verwendet. Die rot schraffierten Zellen zeigen einen steigenden Druck, aber unbezifferte Wirkung an. Für jede Option zeigt die zweite Zeile (*Best-Practice*-Umsetzung) qualitative Wirkungsabschätzungen für Umsetzung in bewährten Vorgehensweisen (*best practice*) in angemessen verwalteten Landschaftssystemen, die eine effiziente und nachhaltige Ressourcennutzung ermöglichen und durch geeignete Steuerungsmechanismen unterstützt werden. In diesen qualitativen Bewertungen zeigt Grün eine positive Wirkung und Grau eine neutrale Wechselwirkung an.

## Bioenergie und BECCS



**Hohes Niveau:** Wirkungen auf Anpassung, Desertifikation, Landdegradierung und Ernährungssicherheit sind maximale potenzielle Wirkungen unter Annahme einer Kohlendioxidentnahme durch BECCS in einer Größenordnung von 11,3 Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr im Jahr 2050 und unter Hinweis darauf, dass Bioenergie ohne CCS ebenfalls Emissionsreduktionen von bis zu mehreren Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr erreichen kann, wenn es sich um eine kohlenstoffarme Energiequelle handelt {2.6.1; 6.3.1}. Studien, die Bioenergie mit Ernährungssicherheit in Verbindung setzen, schätzen einen Anstieg der hungergefährdeten Bevölkerung auf bis zu 150 Millionen Menschen bei diesem Umsetzungsniveau {6.3.5}. Die rot schraffierten Zellen für Desertifikation und Landdegradierung deuten darauf hin, dass in 2 °C-Szenarien zwar im Jahr 2100 bis zu 15 Millionen Quadratkilometer zusätzliche Fläche benötigt werden, was den Druck auf Desertifikation und Landdegradierung erhöhen wird, die tatsächlich von diesem Druck betroffene Fläche jedoch nicht leicht quantifiziert werden kann {6.3.3.3; 6.3.4}.

**Best Practice:** Das Vorzeichen und die Größe der Auswirkungen von Bioenergie und BECCS hängen ab vom Einsatzmaßstab, der Art der Bioenergieerohstoffe, davon, welche anderen Handlungsoptionen mit einbezogen sind, und davon, wo die Bioenergie angebaut wird (einschließlich der vorherigen Landnutzung und indirekter Emissionen aus Landnutzungsänderung). So hätte beispielsweise die Beschränkung der Bioenergieproduktion auf marginale Flächen oder stillgelegte Anbauflächen vernachlässigbare Auswirkungen auf Biodiversität und Ernährungssicherheit sowie potenzielle Zusatznutzen bezüglich Landdegradierung; die Vorteile für Minderung könnten jedoch ebenfalls geringer sein. {Tabelle 6.58}

## Wiederaufforstung und Waldwiederherstellung



**Hohes Niveau:** Wirkungen auf Anpassung, Desertifikation, Landdegradierung und Ernährungssicherheit sind maximale potenzielle Wirkungen, wenn man die Durchführung von Wiederaufforstung und Waldwiederherstellung (teilweise überlappend mit Aufforstung) in der Größenordnung einer Entnahme von 10,1 Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr annimmt {6.3.1}. Großflächige Aufforstung könnte bis 2050 zu Anstiegen der Nahrungsmittelpreise um 80 % führen, und mehr allgemeine Minderungsmaßnahmen im AFOLU-Sektor können zu einem Anstieg an Unterernährung von 80–300 Millionen Menschen führen; die Wirkung von Wiederaufforstung ist geringer {6.3.5}.

**Best Practice:** Wiederaufforstung und Wiederherstellung von Wäldern in ehemals bewaldeten Gebieten bieten Zusatznutzen, wenn sie in kleinem Maßstab unter Verwendung einheimischer Arten und unter Einbeziehung lokaler Akteure durchgeführt wird, um ein Sicherheitsnetz für die Ernährungssicherheit zu schaffen. Beispiele für eine nachhaltige Umsetzung sind unter anderem die Verringerung illegalen Holzeinschlags und die Eindämmung illegalen Waldverlusts in Schutzgebieten, Wiederaufforstung und Wiederherstellung von Wäldern auf degradierten und desertifizierten Flächen {Box 6.1C; Tabelle 6.6}.

## Aufforstung



**Hohes Niveau:** Wirkungen auf Anpassung, Desertifikation, Landdegradierung und Ernährungssicherheit sind maximale potenzielle Wirkungen, wenn man die Durchführung von Aufforstung (teilweise mit Wiederaufforstung und Wiederherstellung von Wald überlappend) in der Größenordnung einer Entnahme von 8,9 Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr annimmt {6.3.1}. Großflächige Aufforstung könnte bis zum Jahr 2050 zu einem Anstieg der Nahrungsmittelpreise um 80 % führen, und mehr allgemeine Minderungsmaßnahmen im AFOLU-Sektor können zu einem Anstieg an Unterernährung von 80–300 Millionen Menschen führen {6.3.5}.

**Best Practice:** Aufforstung dient der Verhinderung von Desertifikation und der Bekämpfung von Landdegradierung. Bewaldetes Land bietet auch Vorteile in Bezug auf die Nahrungsmittelversorgung, insbesondere wenn Wald auf degradierten Flächen, Mangroven und anderen Flächen, die nicht landwirtschaftlich genutzt werden können, angelegt wird. Beispielsweise stellen Nahrungsmittel aus Wäldern ein Sicherheitsnetz in Zeiten der Ernährungs- und Einkommensunsicherheit dar {6.3.5}.

## Ausbringung von Biokohle in Böden



**Hohes Niveau:** Wirkungen auf Anpassung, Desertifikation, Landdegradierung und Ernährungssicherheit sind maximale potenzielle Wirkungen, wenn man einen Einsatz von Biokohle in der Größenordnung einer Entnahme von 6,6 Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr annimmt {6.3.1}. Spezielle Biomassekulturen, die für die Rohstoffproduktion benötigt werden, könnten 0,4–2,6 Millionen Quadratkilometer Land einnehmen; das entspricht etwa 20 % der globalen Anbaufläche, was potenziell große Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit von bis zu 100 Millionen Menschen haben könnte {6.3.5}.

**Best Practice:** Bei der Ausbringung auf Landflächen könnte Biokohle moderaten Nutzen für die Ernährungssicherheit bringen, indem sie Erträge in den Tropen um 25 % verbessert, in gemäßigten Regionen jedoch mit begrenzteren Auswirkungen, oder durch eine verbesserte Wasserspeicherkapazität und Nährstoffnutzungseffizienz. Aufgegebene Anbauflächen könnten zur Bereitstellung von Biomasse für Biokohle genutzt werden, wodurch eine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion vermieden würde; Schätzungen zufolge stehen 5–9 Millionen Quadratkilometer Landfläche für die Biomasseproduktion zur Verfügung, ohne die Ernährungssicherheit und die biologische Vielfalt zu gefährden, wenn man marginale und degradierte Flächen sowie durch die Intensivierung der Weidewirtschaft frei gewordene Flächen berücksichtigt {6.3.5}.

**Abbildung SPM.3: Potenzieller globaler Beitrag von Handlungsoptionen zu Minderung, Anpassung, Bekämpfung von Desertifikation und Landdegradierung sowie Verbesserung der Ernährungssicherheit.** | Diese Abbildung basiert auf einer Aggregation von Information aus Studien mit einer Vielzahl von Annahmen darüber, wie Handlungsoptionen umgesetzt werden und in welchen Kontexten sie auftreten. Handlungsoptionen, die auf lokaler bis globaler Ebene unterschiedlich umgesetzt werden, könnten zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. **Potenzialgröße:** In Tafel A stehen die Größen für die technischen Potenziale von Handlungsoptionen weltweit. Für jede Landssystemproblematik werden die Größen wie folgt relativ zu einem Bezugswert eingestellt. Für Minderung werden die Potenziale im Verhältnis zu den ungefähren Potenzialen der Handlungsoptionen mit den größten individuellen Folgen gesetzt (~3 Gt CO<sub>2</sub>-Äq pro Jahr). Auf diesem Niveau wird der Schwellenwert für die Größenklasse „groß“ festgelegt. Für Anpassung werden die Größen im Verhältnis zu den 100 Millionen Menschenleben gesetzt, für die angenommen wird, dass sie zwischen 2010 und 2030 vom Klimawandel und einer kohlenstoffbasierten Wirtschaft betroffen sein werden. Der Schwellenwert für die Größenklasse „groß“ stellt 25 % dieser Summe dar. Für Desertifikation und Landdegradierung werden die Größen relativ zum unteren Ende aktueller Schätzungen der degradierten Landfläche, 10–60 Millionen Quadratkilometer, festgelegt. Der Schwellenwert für die Größenklasse „groß“ entspricht 30 % der unteren Schätzung. Für Ernährungssicherheit werden die Größen im Verhältnis zu den derzeit rund 800 Millionen unterernährten Menschen festgelegt. Der Schwellenwert für die Größenklasse „groß“ beträgt 12,5 % dieser Summe. In Tafel B sind für die erste Zeile (Umsetzung auf hohem Niveau) für jede Handlungsoption die Größe und die Schwellenwerte wie für Tafel A definiert. In der zweiten Zeile (*Best-Practice*-Umsetzung) bezeichnen bei jeder Handlungsoption die in grün dargestellten qualitativen Bewertungen potenzielle positive Folgen, und grau dargestellte zeigen neutrale Wechselwirkungen an. Es wird davon ausgegangen, dass eine erhöhte Nahrungsmittelproduktion durch nachhaltige Intensivierung und nicht durch unüberlegte Anwendung zusätzlicher externer Einträge wie Agrochemikalien erreicht wird. **Vertrauensniveaus:** Vertrauen (hoch, mittel oder niedrig) in die Größenklasse, in die jede Option fällt, bezogen auf Minderung, Anpassung, Bekämpfung von Desertifikation und Landdegradierung sowie Ernährungssicherheit. *Hohes Vertrauen* bedeutet, dass in der Literatur ein hohes Maß an Übereinstimmung besteht und Belege existieren, um die Einordnung als „groß“, „mittel“ oder „klein“ zu stützen. *Geringes Vertrauen* bedeutet, dass die Einordnung der Größenklasse auf wenigen Studien beruht. *Mittleres Vertrauen* spiegelt mittelstarke Belege und Übereinstimmung bezüglich der Größenklasse der Handlungsoption wider. **Kostenbereiche:** Die Kostenschätzungen basieren auf der Aggregation von oft regionalen Studien und variieren bezüglich der einbezogenen Kostenkomponenten. In Tafel B werden keine Kostenschätzungen für die *Best-Practice*-Umsetzung bereitgestellt. Eine Münze steht für niedrige Kosten (< 10 US-Dollar pro t CO<sub>2</sub>-Äq oder < 20 US-Dollar pro Hektar), zwei Münzen für mittlere Kosten (10 US-Dollar – 100 US-Dollar pro t CO<sub>2</sub>-Äq oder 20 US-Dollar – 200 US-Dollar pro Hektar) und drei Münzen für hohe Kosten (> 100 US-Dollar pro t CO<sub>2</sub>-Äq oder 200 US-Dollar pro Hektar). Die Schwellenwerte in US-Dollar pro Hektar wurden so gewählt, dass sie vergleichbar sind, aber die genaue Umrechnung hängt von der Handlungsoption ab. **Stützende Belege:** Stützende Belege für die Größe des quantitativen Potenzials landmanagementbasierter Handlungsoptionen können wie folgt gefunden werden: für Minderung Tabellen 6.13 bis 6.20, mit weiteren Belegen in Abschnitt 2.7.1; für Anpassung Tabellen 6.21 bis 6.28; für die Bekämpfung von Desertifikation Tabellen 6.29 bis 6.36, mit weiteren Belegen in Kapitel 3; für Bekämpfung von Degradierung Tabellen 6.37 bis 6.44, mit weiteren Belegen in Kapitel 4; für Verbesserung der Ernährungssicherheit Tabellen 6.45 bis 6.52, mit weiteren Belegen in Kapitel 5. Andere Synergien und Zielkonflikte, die hier nicht aufgeführt sind, werden in Kapitel 6 behandelt. Zusätzliche stützende Belege für die qualitativen Bewertungen in der zweiten Zeile für jede einzelne Option in Tafel B sind in den Tabellen 6.6, 6.55, 6.56 und 6.58, Abschnitt 6.3.5.1.3 und Box 6.1c zu finden.

## C. Handlungsoptionen ermöglichen

- C.1 Eine angemessene Gestaltung von politischen Strategien, Institutionen und Steuerungsmechanismen auf allen Ebenen kann zu Anpassung und Minderung im Zusammenhang mit Landsystemen beitragen und gleichzeitig die Suche nach Entwicklungspfaden, die an den Klimawandel angepasst sind, erleichtern (*hohes Vertrauen*). Sich wechselseitig unterstützende politische Strategien in den Bereichen Klima und Landsysteme können Ressourcen sparen, die soziale Resilienz erhöhen, die ökologische Wiederherstellung unterstützen und das Engagement und die Zusammenarbeit vielfältiger Interessengruppen fördern (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.1, Abbildung SPM.2, Abbildung SPM.3) {3.6.2, 3.6.3, 4.8, 4.9.4, 5.7, 6.3, 6.4, 7.2.2, 7.3, 7.4, 7.4.7, 7.4.8, 7.5, 7.5.5, 7.5.6, 7.6.6, Cross-Chapter Box 10 in Kapitel 7}
- C.1.1 Flächennutzungsplanung, Raumplanung, integrierte Landschaftsplanung, Vorschriften, Anreize (z. B. Zahlung für Ökosystemleistungen) und freiwillige oder zur Nachahmung animierende Instrumente (z. B. umweltgerechte landwirtschaftliche Betriebsplanung, Normen und Zertifizierungen für nachhaltige Produktion, Nutzung von wissenschaftlichem, lokalem und indigenem Wissen sowie kollektives Handeln) können positive Anpassungs- und Minderungsergebnisse erzielen (*mittleres Vertrauen*). Sie können auch Einnahmen erzeugen und Anreize für die Sanierung degradierter Landsysteme sowie für Klimaanpassung und Minderung in bestimmten Kontexten bieten (*mittleres Vertrauen*). Politische Strategien, die auf das Ziel der Landdegradierungsneutralität hinarbeiten, können auch die Ernährungssicherheit, das Wohlergehen der Menschen sowie Klimaanpassung und Minderung unterstützen (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.2) {3.4.2, 4.1.6, 4.7, 4.8.5, 5.1.2, 5.7.3, 7.3, 7.4.6, 7.4.7, 7.5}
- C.1.2 Unsichere Landbesitzverhältnisse beeinträchtigen die Fähigkeit von Menschen, Gemeinschaften und Organisationen, Änderungen an Landsystemen vorzunehmen, die Anpassung und Minderung fördern können (*mittleres Vertrauen*). Eine eingeschränkte Anerkennung gewohnheitsmäßigen Zugangs zu Land und von Landbesitz kann zu erhöhter Verwundbarkeit und verminderter Anpassungskapazität führen (*mittleres Vertrauen*). Politische Strategien bezüglich von Landsystemen (einschließlich der Anerkennung der gewohnheitsmäßigen Besitzes, Gemeinschaftskartierung, Umverteilung, Dezentralisierung, Co-Management, Regulierung der Mietmärkte) können sowohl Sicherheit als auch Flexibilität bei der Reaktion auf den Klimawandel bieten (*mittleres Vertrauen*). {3.6.1, 3.6.2, 5.3, 7.2.4, 7.6.4, Cross-Chapter Box 6 in Kapitel 5}
- C.1.3 Das Erreichen von Landdegradierungsneutralität wird ein ausgewogenes Verhältnis von Maßnahmen, die Landdegradierung durch die Einführung von nachhaltigem Landmanagement verhindern und verringern, und Maßnahmen zur Umkehrung der Degradierung durch Sanierung und Wiederherstellung degradierter Flächen erfordern. Viele Interventionen zur Erreichung von Landdegradierungsneutralität liefern in der Regel auch Klimaanpassungs- und Minderungsvorteile. Das Streben nach Landdegradierungsneutralität bietet Impulse für die gleichzeitige Bewältigung von Landdegradierung und Klimawandel (*hohes Vertrauen*). {4.5.3, 4.8.5, 4.8.7, 7.4.5}
- C.1.4 Aufgrund der Komplexität der Herausforderungen und der Vielfalt der Akteure, die an der Bewältigung von Landsystemproblemen beteiligt sind, kann eine Kombination von politischen Strategien anstelle einzelner Politikansätze bessere Ergebnisse bei der Bewältigung der komplexen Herausforderungen nachhaltiger Landnutzung und des Klimawandels liefern (*hohes Vertrauen*). Kombinationen politischer Strategien können die Verwundbarkeit und Exposition menschlicher und natürlicher Systeme gegenüber dem Klimawandel stark verringern (*hohes Vertrauen*). Elemente solcher Kombinationen politischer Strategien können Wetter- und Krankenversicherung, Sozialschutz und adaptive Sicherheitsnetze, Rücklagen und vorsorgliche Finanzierungszusagen sowie universeller Zugang zu Frühwarnsystemen in Verbindung mit wirksamen Notfallplänen sein (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.4) {1.2, 4.8, 4.9.2, 5.3.2, 5.6, 5.6.6, 5.7.2, 7.3.2, 7.4, 7.4.2, 7.4.6, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.5, 7.5.6, 7.6.4}
- C.2 **Politische Strategien, die über das gesamte Ernährungssystem hinweg eingesetzt werden, einschließlich solcher, die Verlust und Verschwendung von Nahrungsmitteln verringern und Ernährungsentscheidungen beeinflussen, ermöglichen ein nachhaltigeres Landnutzungsmanagement, eine höhere Ernährungssicherheit und niedrige Emissionsverläufe (*hohes Vertrauen*). Solche politischen Strategien können zu Klimaanpassung und Minderung beitragen, Landdegradierung, Desertifikation und Armut verringern sowie die öffentliche Gesundheit verbessern (*hohes Vertrauen*). Die Einführung von nachhaltigem Landmanagement und Armutsbeseitigung können durch Verbesserung des Marktzugangs, Sicherung von Landbesitz, Einbeziehung von Umweltkosten bei Nahrungsmitteln sowie Zahlungen für Ökosystemleistungen und Stärkung lokaler und gemeindebasierter kollektiver Maßnahmen ermöglicht werden (*hohes Vertrauen*). {1.1.2, 1.2.1, 3.6.3, 4.7.1, 4.7.2, 4.8, 5.5, 6.4, 7.4.6, 7.6.5}**
- C.2.1 Zu den politischen Strategien, die nachhaltiges Landmanagement für Klimaanpassung und Minderung ermöglichen und Anreize dafür bieten, gehören verbesserter Marktzugang für Inputs, Outputs und Finanzdienstleistungen, Ermächtigung von Frauen und indigenen Völkern, Stärkung kollektiven Handelns auf lokaler und gemeinschaftlicher Ebene, Reform von Subventionen und Förderung eines begünstigenden Handelssystems (*hohes Vertrauen*). Bemühungen zur Wiederherstellung und Sanierung von Landsystemen können wirksamer sein, wenn politische Strategien die lokale Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen unterstützen und gleichzeitig die Zusammenarbeit zwischen Akteuren und Institutionen, auch auf internationaler Ebene, verstärken. {3.6.3, 4.1.6, 4.5.4, 4.8.2, 4.8.4, 5.7, 7.2, 7.3}

- C.2.2 Die Berücksichtigung der Umweltkosten landdegradierender landwirtschaftlicher Praktiken kann Anreize für nachhaltigeres Landmanagement bieten (*hohes Vertrauen*). Hürden für die Widerspiegelung von Umweltkosten ergeben sich aus technischen Schwierigkeiten bei der Schätzung dieser und der in Lebensmitteln enthaltenen Kosten. {3.6.3, 5.5.1, 5.5.2, 5.6.6, 5.7, 7.4.4, Cross-Chapter Box 10 in Kapitel 7}
- C.2.3 Anpassung und erhöhte Resilienz gegenüber Extremereignissen, die sich auf Ernährungssysteme auswirken, können durch umfassendes Risikomanagement gefördert werden, einschließlich Mechanismen zur Risikoteilung und -übertragung (*hohes Vertrauen*). Diversifizierung der Landwirtschaft, Ausweitung des Marktzugangs und Vorbereitung auf zunehmende Unterbrechung der Lieferkette können den Ausbau von Anpassung in Ernährungssystemen unterstützen (*hohes Vertrauen*). {5.3.2, 5.3.3, 5.3.5}
- C.2.4 Öffentliche Gesundheitspolitik zur Verbesserung der Ernährung, wie z. B. die Erhöhung der Vielfalt von Nahrungsquellen in der öffentlichen Beschaffung, Krankenversicherung, finanzielle Anreize und Sensibilisierungskampagnen, kann potenziell die Nahrungsnachfrage beeinflussen, Gesundheitskosten senken, zu niedrigeren Treibhausgasemissionen beitragen und die Anpassungskapazität erhöhen (*hohes Vertrauen*). Die Nachfrage nach Lebensmitteln zu beeinflussen, indem Ernährungsweisen gefördert werden, die auf Leitlinien für die öffentliche Gesundheit beruhen, kann nachhaltigeres Landmanagement ermöglichen und dazu beitragen, vielfache SDGs zu erreichen (*hohes Vertrauen*). {3.4.2, 4.7.2, 5.1, 5.7, 6.3, 6.4}
- C.3 Die Anerkennung von Zusatznutzen und Zielkonflikten bei der Gestaltung von politischen Strategien im Bereich Landsysteme und Ernährung kann Hürden für die Umsetzung beseitigen (*mittleres Vertrauen*). Eine verstärkte mehrstufige, hybride und sektorübergreifende politische Steuerung sowie politische Strategien, die iterativ, kohärent, anpassungsfähig und flexibel entwickelt und umgesetzt werden, können Zusatznutzen maximieren und Zielkonflikte minimieren, da Landmanagemententscheidungen auf der Ebene von einzelnen landwirtschaftlichen Betrieben bis hin zur nationalen Ebene getroffen werden und politische Strategien sowohl in Bezug auf das Klima als auch auf Landsysteme oft über mehrere Sektoren, Fachbereiche und Behörden hinweg reichen (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.3) {4.8.5, 4.9, 5.6, 6.4, 7.3, 7.4.6, 7.4.8, 7.4.9, 7.5.6, 7.6.2}**
- C.3.1 Eine integrierte, koordinierte und kohärente Inangriffnahme von Desertifikation, Landdegradierung und Ernährungssicherheit kann klimaresiliente Entwicklung unterstützen und bietet zahlreiche potenzielle Zusatznutzen (*hohes Vertrauen*). {3.7.5, 4.8, 5.6, 5.7, 6.4, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.4, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.6, 7.5.5}
- C.3.2 Technologische, biophysikalische, sozioökonomische, finanzielle und kulturelle Hürden können die Einführung vieler landbasierter Handlungsoptionen einschränken, ebenso wie Unsicherheit über deren Nutzen (*hohes Vertrauen*). Viele Praktiken des nachhaltigen Landmanagements werden aufgrund von unsicheren Landbesitzverhältnissen, fehlendem Zugang zu Ressourcen und landwirtschaftlichen Beratungsdiensten, unzureichenden und ungleichen privaten und öffentlichen Anreizen sowie mangelndem Wissen und praktischer Erfahrung nicht weitverbreitet eingeführt (*hohes Vertrauen*). Öffentlicher Diskurs, sorgfältig konzipierte politische Eingriffe, die Einbeziehung von sozialem Lernen und Marktveränderungen können zusammen dazu beitragen, Umsetzungshürden abzubauen (*mittleres Vertrauen*). {3.6.1, 3.6.2, 5.3.5, 5.5.2, 5.6, 6.2, 6.4, 7.4, 7.5, 7.6}
- C.3.3 Der Land- und der Ernährungssektor stehen vor besonderen Herausforderungen durch institutionelle Fragmentierung und leiden oft unter mangelndem Austausch unter relevanten Akteuren auf verschiedenen Ebenen sowie unter eng ausgerichteten politischen Zielen (*mittleres Vertrauen*). Die Koordinierung mit anderen Sektoren, wie öffentlicher Gesundheit, Verkehr, Umwelt, Wasser, Energie und Infrastruktur, kann Zusatznutzen wie Risikominderung und gesundheitliche Verbesserung erhöhen (*mittleres Vertrauen*). {5.6.3, 5.7, 6.2, 6.4.4, 7.1, 7.3, 7.4.8, 7.6.2, 7.6.3}
- C.3.4 Einige Handlungsoptionen und politische Strategien können zu Zielkonflikten führen, einschließlich sozialer Folgen, Schäden an Ökosystemfunktionen und -leistungen, Wasserknappheit oder hoher Kosten, die selbst mit institutionellen *best practices* nicht gut zu bewältigen sind (*mittleres Vertrauen*). Die Behandlung solcher Zielkonflikte hilft, Fehlanpassung zu vermeiden (*mittleres Vertrauen*). Potenzielle Zielkonflikte und Wissenslücken im Voraus zu bedenken und zu bewerten, unterstützt evidenzbasierte Politikgestaltung zur Abwägung von Kosten und Nutzen spezifischer Reaktionen für unterschiedliche Interessengruppen (*mittleres Vertrauen*). Erfolgreicher Umgang mit Zielkonflikten beinhaltet oft die Maximierung des Inputs von Interessengruppen über strukturierte Feedbackprozesse, insbesondere in gemeindebasierten Modellen, Nutzung innovativer Foren wie z. B. *facilitated dialogues* oder räumlich explizite Abbildung sowie iteratives adaptives Management, das kontinuierliche Anpassungen der politischen Strategie ermöglicht, wenn neue Belege zutage treten (*mittleres Vertrauen*). {5.3.5, 6.4.2, 6.4.4, 6.4.5, 7.5.6, Cross-Chapter Box 9 in Kapitel 7}



- C.4 Die Wirksamkeit von Entscheidungsfindung und Regierungsführung wird verbessert, wenn lokale Interessengruppen (insbesondere diejenigen, die am verwundbarsten gegenüber dem Klimawandel sind, einschließlich indigener Völker und lokaler Gemeinschaften, Frauen sowie armer und marginalisierter Bevölkerungsgruppen) in die Auswahl, Bewertung, Umsetzung und Überwachung von politischen Instrumenten zu landbasierter Anpassung und Minderung einbezogen werden (*hohes Vertrauen*). Sektor- und skalenübergreifende Integration erhöht die Chance, Zusatznutzen zu maximieren und Zielkonflikte zu minimieren (*mittleres Vertrauen*). {1.4, 3.1, 3.6, 3.7, 4.8, 4.9, 5.1.3, Box 5.1, 7.4, 7.6}
- C.4.1 Eine erfolgreiche Umsetzung nachhaltiger Landmanagementpraktiken erfordert die Berücksichtigung lokaler Umwelt- und sozio-ökonomischer Bedingungen (*sehr hohes Vertrauen*). Nachhaltiges Landmanagement im Kontext des Klimawandels profitiert typischerweise von der Einbeziehung aller Interessengruppen bei der Ermittlung von Belastungen und Folgen der Landnutzung (z. B. Biodiversitätsrückgang, Bodenverlust, übermäßiger Förderung von Grundwasser, Lebensraumverlust, Landnutzungsänderung in der Landwirtschaft, Nahrungsmittelproduktion und Forstwirtschaft) sowie von Vermeidung, Verringerung und Wiederherstellung degradierter Flächen (*mittleres Vertrauen*). {1.4.1, 4.1.6, 4.8.7, 5.2.5, 7.2.4, 7.6.2, 7.6.4}
- C.4.2 Einschließlichkeit in der Messung, Berichterstattung und Überprüfung der Leistung politischer Instrumente kann nachhaltiges Landmanagement unterstützen (*mittleres Vertrauen*). Die Einbeziehung von Interessengruppen in die Indikatorenauswahl, die Klimadatenerhebung, die Landmodellierung und die Landnutzungsplanung vermittelt und erleichtert eine integrierte Landschaftsplanung und die Wahl der politischen Strategie (*mittleres Vertrauen*). {3.7.5, 5.7.4, 7.4.1, 7.4.4, 7.5.3, 7.5.4, 7.5.5, 7.6.4, 7.6.6}
- C.4.3 Landwirtschaftliche Praktiken, die indigenes und lokales Wissen einbeziehen, können dazu beitragen, die kombinierten Herausforderungen von Klimawandel, Ernährungssicherheit, Bewahrung biologischer Vielfalt sowie Bekämpfung von Desertifikation und Landdegradierung zu überwinden (*hohes Vertrauen*). Koordinierte Maßnahmen über eine Reihe von Akteuren hinweg, darunter Unternehmen, Produzenten, Verbraucher, Landmanager und politische Entscheidungsträger, in Partnerschaft mit indigenen Völkern und lokalen Gemeinschaften schaffen die Voraussetzungen für die Einführung von Handlungsoptionen (*hohes Vertrauen*) {3.1.3, 3.6.1, 3.6.2, 4.8.2, 5.5.1, 5.6.4, 5.7.1, 5.7.4, 6.2, 7.3, 7.4.6, 7.6.4}
- C.4.4 Die Ermächtigung von Frauen kann Synergien und Zusatznutzen für die Ernährungssicherheit von Haushalten und nachhaltiges Landmanagement bringen (*hohes Vertrauen*). Aufgrund der unverhältnismäßig hohen Verwundbarkeit von Frauen gegenüber den Folgen des Klimawandels ist ihre Einbindung in Landmanagement und Landbesitz eingeschränkt. Politische Strategien, die Landrechte und Hürden für die Beteiligung von Frauen an nachhaltigem Landmanagement in Angriff nehmen können, umfassen finanzielle Transfers an Frauen im Rahmen von Armutsbekämpfungsprogrammen, Ausgaben für Gesundheit, Bildung, Ausbildung und Kapazitätsaufbau für Frauen, subventionierte Kredite und Programmverbreitung durch bestehende gemeindebasierte Frauengemeinschaften (*mittleres Vertrauen*). {1.4.1, 4.8.2, 5.1.3, Cross-Chapter Box 11 im Kapitel 7}

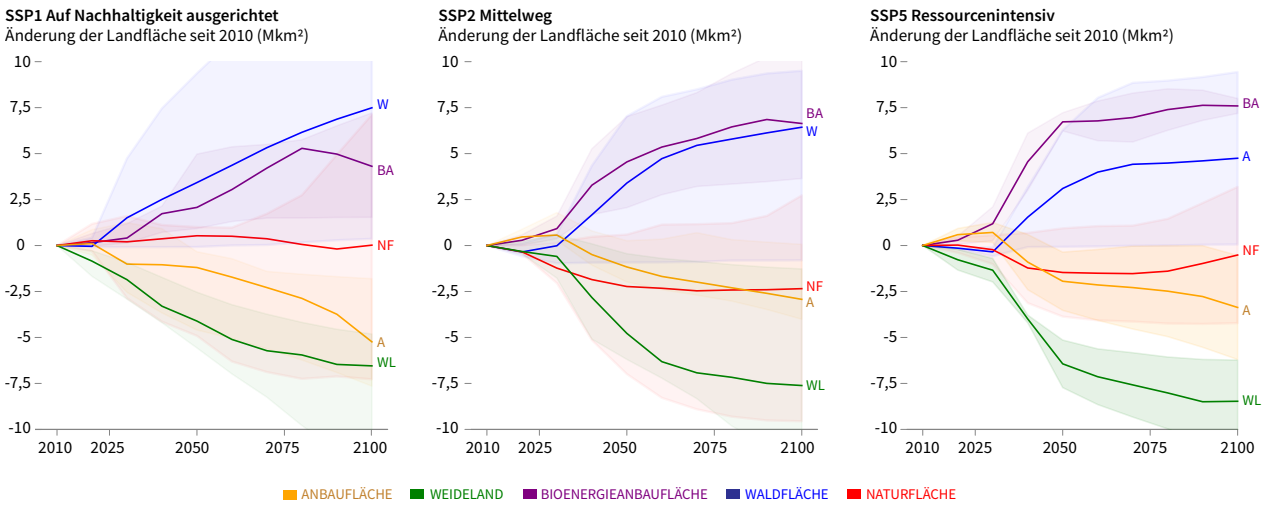
## A. Pfade, die sozioökonomische Entwicklung, Minderungsmaßnahmen und Landsysteme miteinander verbinden

Sozioökonomische Entwicklung und Landmanagement beeinflussen die Entwicklung des Landsystems, einschließlich der relativen Landfläche, die als ANBAUFLÄCHE, WEIDELAND, BIOENERGIEANBAUFLÄCHE, WALDFLÄCHE und NATURFLÄCHE genutzt wird. Die Linien zeigen den Median über Integrierte Bewertungsmodelle (*Integrated Assessment Models, IAMs*) hinweg für drei alternative Gemeinsam Genutzte Sozioökonomische Pfade (SSP1, SSP2 und SSP5 in RCP1.9); farbige Flächen geben die Bandbreite über die Modelle hinweg an. Es ist zu beachten, dass die Pfade die Auswirkungen von Minderung des Klimawandels veranschaulichen, nicht aber die Auswirkungen von Klimawandelfolgen oder Anpassung.

**A. Auf Nachhaltigkeit ausgerichtet (SSP1)**  
Nachhaltigkeit im Landmanagement, der landwirtschaftlichen Intensivierung sowie den Produktions- und Konsummustern führt trotz des steigenden Pro-Kopf-Verbrauchs an Nahrungsmitteln zu einem geringeren Bedarf an landwirtschaftlichen Flächen. Diese Flächen können stattdessen für Wiederaufforstung, Aufforstung und Bioenergie genutzt werden.

**B. Mittelweg (SSP2)**  
Sowohl die gesellschaftliche als auch die technologische Entwicklung folgt historischen Mustern. Eine erhöhte Nachfrage nach landbasierten Minderungsoptionen wie Bioenergie, verringerter Entwaldung oder Aufforstung verringert die Verfügbarkeit von landwirtschaftlichen Flächen für Nahrungsmittel, Futtermittel und Fasern.

**C. Ressourcenintensiv (SSP5)**  
Ressourcenintensive Produktions- und Konsummuster, führt zu hohen Basisemissionen. Minderung konzentriert sich auf technologische Lösungen einschließlich substanzieller Bioenergie und BECCS. Intensivierung und konkurrierende Landnutzungen tragen zu Rückgängen der landwirtschaftlichen Fläche bei.



**Abbildung SPM.4: Pfade, die sozioökonomische Entwicklung, Minderungsmaßnahmen und Landsysteme miteinander verbinden.** | Zukunftsszenarien bieten einen Rahmen für das Verständnis der Auswirkungen von Minderung und Sozioökonomie auf Landsysteme. Die Gemeinsam Genutzten Sozioökonomischen Pfade (*Shared Socioeconomic Pathways, SSPs*) umfassen eine Reihe unterschiedlicher sozioökonomischer Annahmen (Box SPM.1). Sie werden mit Repräsentativen Konzentrationspfaden (*Representative Concentration Pathways, RCPs*)<sup>36</sup> kombiniert, die unterschiedliche Minderungsniveaus bedeuten. Dargestellt sind Änderungen von Anbaufläche, Weideland, Bioenergieanbaufläche, Waldfläche und Naturfläche seit 2010. Für diese Abbildung gilt: „Anbaufläche“ umfasst alle Landflächen in Nahrungs- und Futtermittelkulturen sowie andere urbare Landflächen (kultivierte Fläche). Diese Kategorie umfasst nicht-forstliche Bioenergiepflanzen der ersten Generation (z. B. Mais für Ethanol, Zuckerrohr für Ethanol, Sojabohnen für Biodiesel), schließt aber Bioenergiepflanzen der zweiten Generation aus. „Weideland“ umfasst mehrere Kategorien von Weideland, nicht nur qualitativ hochwertiges Weideland, und basiert auf der FAO-Definition von „permanenten Wiesen und Weiden“. „Bioenergieanbaufläche“ umfasst Flächen, die für Bioenergiepflanzen der zweiten Generation bestimmt sind (z. B. Rutenhirse, Chinaschilf, schnellwachsende Holzarten). „Waldfläche“ umfasst bewirtschaftete und nicht bewirtschaftete Wälder. „Naturfläche“ umfasst anderes Grasland, Savanne und Buschland. **Tafel A:** Diese Tafel zeigt die Ergebnisse aus Integrierten Bewertungsmodellen (*Integrated Assessment Models, IAM*)<sup>37</sup> für SSP1, SSP2 und SSP5 bei RCP1.9.<sup>38</sup> Für jeden Pfad geben die schattierten Bereiche die Bandbreite über alle IAMs hinweg an; die Linie zeigt den Median über alle Modelle hinweg. Für RCP1.9 beinhalten SSP1, SSP2 und SSP5 Ergebnisse von jeweils fünf, vier und zwei IAMs. **Tafel B:** Landnutzungs- und Landbedeckungsänderungen werden für verschiedene SSP-RCP-Kombinationen gezeigt, wobei der Multi-Modell-Median und die Bandbreite (Min, Max) angegeben sind. (Box SPM.1) {1.3.2, 2.7.2, 6.1, 6.4.4, 7.4.2, 7.4.4, 7.4.5, 7.4.6, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.3, 7.5.6, Cross-Chapter Box 1 in Kapitel 1, Cross-Chapter Box 9 in Kapitel 6}

<sup>36</sup> Repräsentative Konzentrationspfade (*Representative Concentration Pathways, RCPs*) sind Szenarien, die Zeitreihen von Emissionen und Konzentrationen aller Treibhausgase, Aerosole und chemisch aktiver Gase sowie Landnutzung/Landbedeckung umfassen.

<sup>37</sup> Integrierte Bewertungsmodelle (*Integrated Assessment Models, IAMs*) integrieren Wissen aus zwei oder mehr Bereichen in einen Rahmen. In dieser Abbildung werden IAMs verwendet, um Zusammenhänge zwischen der wirtschaftlichen, sozialen und technologischen Entwicklung und der Entwicklung des Klimasystems zu bewerten.

<sup>38</sup> Die in diesem Bericht bewerteten RCP1.9-Pfade haben eine Chance von 66 %, die Erwärmung auf 1,5 °C im Jahr 2100 zu begrenzen, aber einige dieser Pfade überschreiten 1,5 °C Erwärmung im Laufe des 21. Jahrhunderts um > 0,1 °C.

## B. Landnutzungs- und Landbedeckungsänderung in den SSPs

	Quantitative Indikatoren für die SSPs	Anzahl der enthaltenen Modelle*	Änderung der		Änderung der		Änderung der	
			Naturfläche seit 2010 Mkm <sup>2</sup>	Bioenergie- anbaufläche seit 2010 Mkm <sup>2</sup>	Anbaufläche seit 2010 Mkm <sup>2</sup>	Waldfläche seit 2010 Mkm <sup>2</sup>	Weide- fläche seit 2010 Mkm <sup>2</sup>	
SSP1	RCP1.9 in 2050	5/5	0,5 (-4,9, 1)	2,1 (0,9, 5)	-1,2 (-4,6, -0,3)	3,4 (-0,1, 9,4)	-4,1 (-5,6, -2,5)	
	↳ 2100		0 (-7,3, 7,1)	4,3 (1,5, 7,2)	-5,2 (-7,6, -1,8)	7,5 (0,4, 15,8)	-6,5 (-12,2, -4,8)	
	RCP2.6 in 2050	5/5	-0,9 (-2,2, 1,5)	1,3 (0,4, 1,9)	-1 (-4,7, 1)	2,6 (-0,1, 8,4)	-3 (-4, -2,4)	
	↳ 2100		0,2 (-3,5, 1,1)	5,1 (1,6, 6,3)	-3,2 (-7,7, -1,8)	6,6 (-0,1, 10,5)	-5,5 (-9,9, -4,2)	
	RCP4.5 in 2050	5/5	0,5 (-1, 1,7)	0,8 (0,5, 1,3)	0,1 (-3,2, 1,5)	0,6 (-0,7, 4,2)	-2,4 (-3,3, -0,9)	
	↳ 2100		1,8 (-1,7, 6)	1,9 (1,4, 3,7)	-2,3 (-6,4, -1,6)	3,9 (0,2, 8,8)	-4,6 (-7,3, -2,7)	
SSP2	Basis in 2050	5/5	0,3 (-1,1, 1,8)	0,5 (0,2, 1,4)	0,2 (-1,6, 1,9)	-0,1 (-0,8, 1,1)	-1,5 (-2,9, -0,2)	
	↳ 2100		3,3 (-0,3, 5,9)	1,8 (1,4, 2,4)	-1,5 (-5,7, -0,9)	0,9 (0,3, 3)	-2,1 (-7, 0)	
	RCP1.9 in 2050	4/5	-2,2 (-7, 0,6)	4,5 (2,1, 7)	-1,2 (-2, 0,3)	3,4 (-0,9, 7)	-4,8 (-6,2, -0,4)	
	↳ 2100		-2,3 (-9,6, 2,7)	6,6 (3,6, 11)	-2,9 (-4, 0,1)	6,4 (-0,8, 9,5)	-7,6 (-11,7, -1,3)	
	RCP2.6 in 2050	5/5	-3,2 (-4,2, 0,1)	2,2 (1,7, 4,7)	0,6 (-1,9, 1,9)	1,6 (-0,9, 4,2)	-1,4 (-3,7, 0,4)	
	↳ 2100		-5,2 (-7,2, 0,5)	6,9 (2,3, 10,8)	-1,4 (-4, 0,8)	5,6 (-0,9, 5,9)	-7,2 (-8, 0,5)	
SSP3	RCP4.5 in 2050	5/5	-2,2 (-2,2, 0,7)	1,5 (0,1, 2,1)	1,2 (-0,9, 2,7)	-0,9 (-2,5, 2,9)	-0,1 (-2,5, 1,6)	
	↳ 2100		-3,4 (-4,7, 1,5)	4,1 (0,4, 6,3)	0,7 (-2,6, 3,1)	-0,5 (-3,1, 5,9)	-2,8 (-5,3, 1,9)	
	Basis in 2050	5/5	-1,5 (-2,6, -0,2)	0,7 (0, 1,5)	1,3 (1, 2,7)	-1,3 (-2,5, -0,4)	-0,1 (-1,2, 1,6)	
	↳ 2100		-2,1 (-5,9, 0,3)	1,2 (0,1, 2,4)	1,9 (0,8, 2,8)	-1,3 (-2,7, -0,2)	-0,2 (-1,9, 2,1)	
	RCP1.9 in 2050	In keinem der untersuchten Modelle machbar		-	-	-	-	
	↳ 2100		-	-	-	-		
SSP4	RCP2.6 in 2050	In keinem der untersuchten Modelle machbar		-	-	-	-	
	↳ 2100		-	-	-	-		
	RCP4.5 in 2050	3/3	-3,4 (-4,4, -2)	1,3 (1,3, 2)	2,3 (1,2, 3)	-2,4 (-4, -1)	2,1 (-0,1, 3,8)	
	↳ 2100		-6,2 (-6,8, -5,4)	4,6 (1,5, 7,1)	3,4 (1,9, 4,5)	-3,1 (-5,5, -0,3)	2 (-2,5, 4,4)	
	Basis in 2050	4/4	-3 (-4,6, -1,7)	1 (0,2, 1,5)	2,5 (1,5, 3)	-2,5 (-4, -1,5)	2,4 (0,6, 3,8)	
	↳ 2100		-5 (-7,1, -4,2)	1,1 (0,9, 2,5)	5,1 (3,8, 6,1)	-5,3 (-6, -2,6)	3,4 (0,9, 6,4)	
SSP5	RCP1.9 in 2050	In keinem der untersuchten Modelle machbar**		-	-	-	-	
	↳ 2100		-	-	-	-		
	RCP2.6 in 2050	3/3	-4,5 (-6, -2,1)	3,3 (1,5, 4,5)	0,5 (-0,1, 0,9)	0,7 (-0,3, 2,2)	-0,6 (-0,7, 0,1)	
	↳ 2100		-5,8 (-10,2, -4,7)	2,5 (2,3, 15,2)	-0,8 (-0,8, 1,8)	1,4 (-1,7, 4,1)	-1,2 (-2,5, -0,2)	
	RCP4.5 in 2050	3/3	-2,7 (-4,4, -0,4)	1,7 (1, 1,9)	1,1 (-0,1, 1,7)	-1,8 (-2,3, 2,1)	0,8 (-0,5, 1,5)	
	↳ 2100		-2,8 (-7,8, -2)	2,7 (2,3, 4,7)	1,1 (0,2, 1,2)	-0,7 (-2,6, 1)	1,4 (-1, 1,8)	
SSP5	Basis in 2050	3/3	-2,8 (-2,9, -0,2)	1,1 (0,7, 2)	1,1 (0,7, 1,8)	-1,8 (-2,3, -1)	1,5 (-0,5, 2,1)	
	↳ 2100		-2,4 (-5, -1)	1,7 (1,4, 2,6)	1,2 (1,2, 1,9)	-2,4 (-2,5, -2)	1,3 (-1, 4,4)	
	RCP1.9 in 2050	2/4	-1,5 (-3,9, 0,9)	6,7 (6,2, 7,2)	-1,9 (-3,5, -0,4)	3,1 (-0,1, 6,3)	-6,4 (-7,7, -5,1)	
	↳ 2100		-0,5 (-4,2, 3,2)	7,6 (7,2, 8)	-3,4 (-6,2, -0,5)	4,7 (0,1, 9,4)	-8,5 (-10,7, -6,2)	
	RCP2.6 in 2050	4/4	-3,4 (-6,9, 0,3)	4,8 (3,8, 5,1)	-2,1 (-4, 1)	3,9 (-0,1, 6,7)	-4,4 (-5, 0,2)	
	↳ 2100		-4,3 (-8,4, 0,5)	9,1 (7,7, 9,2)	-3,3 (-6,5, -0,5)	3,9 (-0,1, 9,3)	-6,3 (-9,1, -1,4)	
SSP5	RCP4.5 in 2050	4/4	-2,5 (-3,7, 0,2)	1,7 (0,6, 2,9)	0,6 (-3,3, 1,9)	-0,1 (-1,7, 6)	-1,2 (-2,6, 2,3)	
	↳ 2100		-4,1 (-4,6, 0,7)	4,8 (2, 8)	-1 (-5,5, 1)	-0,2 (-1,4, 9,1)	-3 (-5,2, 2,1)	
	Basis in 2050	4/4	-0,6 (-3,8, 0,4)	0,8 (0, 2,1)	1,5 (-0,7, 3,3)	-1,9 (-3,4, 0,5)	-0,1 (-1,5, 2,9)	
	↳ 2100		-0,2 (-2,4, 1,8)	1 (0,2, 2,3)	1 (-2, 2,5)	-2,1 (-3,4, 1,1)	-0,4 (-2,4, 2,8)	

\* Anzahl der enthaltenen Modelle / Anzahl der versuchten Modelle. Ein Modell lieferte keine Landdaten und ist von allen Einträgen ausgeschlossen.

\*\* Ein Modell konnte RCP1.9 mit SSP4 erreichen, lieferte aber keine Landdaten.

## D. Zeitnahe Maßnahmen

- D.1 Auf der Grundlage des vorhandenen Wissensstands können zeitnah Maßnahmen ergriffen werden, um Desertifikation, Landdegradierung und Ernährungssicherheit anzugehen und gleichzeitig längerfristige Maßnahmen zu unterstützen, welche Klimaanpassung und Minderung ermöglichen. Dazu gehören Maßnahmen zum Aufbau individueller und institutioneller Kapazitäten, zur Beschleunigung des Wissenstransfers, zur Verbesserung von Technologietransfer und -bereitstellung, zur Ermöglichung von Finanzierungsmechanismen, zur Einrichtung von Frühwarnsystemen, zum Risikomanagement und zur Behebung von Lücken bei Umsetzung und dem verstärkten Ausbau (*hohes Vertrauen*). {3.6.1, 3.6.2, 3.7.2, 4.8, 5.3.3, 5.5, 5.6.4, 5.7, 6.2, 6.4, 7.3, 7.4, 7.6, Cross-Chapter Box 10 in Kapitel 7}**
- D.1.1** Zeitnaher Kapazitätsaufbau, Technologietransfer und -bereitstellung sowie förderliche Finanzierungsmechanismen können Anpassung und Minderung im Landsektor stärken. Wissens- und Technologietransfer können dazu beitragen, die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen für die Ernährungssicherheit in einem sich verändernden Klima zu verbessern (*mittleres Vertrauen*). Sensibilisierung, Kapazitätsaufbau und Aufklärung über nachhaltige Landmanagementpraktiken, landwirtschaftliche Beratungsdienste sowie eine Ausweitung des Zugangs zu landwirtschaftlichen Dienstleistungen auf Erzeuger und Landnutzer können Landdegradierung wirksam in Angriff nehmen (*mittleres Vertrauen*). {3.1, 5.7.4, 7.2, 7.3.4, 7.5.4}
- D.1.2** Die Messung und Überwachung von Landnutzungsänderung einschließlich Landdegradierung und Desertifikation wird durch den verstärkten Einsatz neuer Informations- und Kommunikationstechnologien (Mobilfunkanwendungen, cloudbasierte Dienste, Bodensensoren, Drohnenbilder), die Nutzung von Klimadiensten und fernerkundlich erfasste Land- und Klimainformationen zu Landressourcen unterstützt (*mittleres Vertrauen*). Frühwarnsysteme für extreme Wetter- und Klimaereignisse sind entscheidend für den Schutz von Leben und Eigentum sowie für die Verbesserung der Katastrophenvorsorge und des Katastrophenmanagements (*hohes Vertrauen*). Saisonale Vorhersagen und Frühwarnsysteme sind entscheidend für die Ernährungssicherheit (Hungersnot) und die Überwachung der biologischen Vielfalt, einschließlich Schädlinge und Krankheiten, sowie für ein adaptives Klimarisikomanagement (*hohes Vertrauen*). Investitionen in menschliche und institutionelle Kapazitäten zahlen sich sehr gut aus. Zu diesen Investitionen gehören der Zugang zu Beobachtungs- und Frühwarnsystemen sowie anderen Dienstleistungen, die sich von hydro-meteorologischen und Fernerkundungssystemen und -daten vor Ort, Feldbeobachtung, Inventarisierung und Bestandsaufnahme sowie dem verstärkten Einsatz digitaler Technologien ableiten (*hohes Vertrauen*). {1.2, 3.6.2, 4.2.2, 4.2.4, 5.3.1, 5.3.6, 6.4, 7.3.4, 7.4.3, 7.5.4, 7.5.5, 7.6.4, Cross-Chapter Box 5 in Kapitel 3}
- D.1.3** Landmanagement als Risikomanagement zu gestalten, speziell für Landsysteme, kann durch landschaftsweite Ansätze, biologische Bekämpfung von Schädlings- und Krankheitsausbrüchen und Verbesserung von Mechanismen zur Risikoteilung und -übertragung eine wichtige Rolle bei der Anpassung spielen (*hohes Vertrauen*). Die Bereitstellung von Information über klimabedingte Risiken kann die Kapazität von Landmanagern verbessern und eine rechtzeitige Entscheidungsfindung ermöglichen (*hohes Vertrauen*). {5.3.2, 5.3.5, 5.6.2, 5.6.3, 5.6.5, 5.7.1, 5.7.2, 7.2.4, Cross-Chapter Box 6 in Kapitel 5}
- D.1.4** Nachhaltiges Landmanagement kann durch eine Erhöhung der Verfügbarkeit und der Zugänglichkeit von Daten und Information über Wirksamkeit, Zusatznutzen und Risiken von neu auftretenden Handlungsoptionen sowie durch Effizienzsteigerung der Landnutzung verbessert werden (*hohes Vertrauen*). Manche Handlungsoptionen (z. B. verbessertes Bodenkohlenstoffmanagement) wurden bisher nur in kleinen Demonstrationseinrichtungen eingesetzt, und es bestehen Wissens-, finanzielle und institutionelle Lücken und Herausforderungen bezüglich des Ausbaus und des weit verbreiteten Einsatzes dieser Optionen (*mittleres Vertrauen*). {4.8, 5.5.1, 5.5.2, 5.6.1, 5.6.5, 5.7.5, 6.2, 6.4}
- D.2 Zeitnahe Maßnahmen für Minderung und Klimaanpassung, Desertifikation, Landdegradierung und Ernährungssicherheit können soziale, ökologische, wirtschaftliche und entwicklungspolitische Zusatznutzen mit sich bringen (*hohes Vertrauen*). Zusatznutzen können zur Armutsbeseitigung und zu resilienteren Lebensgrundlagen für verwundbare Bevölkerungsgruppen beitragen (*hohes Vertrauen*). {3.4.2, 5.7, 7.5}**
- D.2.1** Zeitnahe Maßnahmen zur Förderung nachhaltigen Landmanagements werden dazu beitragen, Verwundbarkeiten im Zusammenhang mit Landsystemen und Ernährung zu verringern, und können resilientere Lebensgrundlagen schaffen sowie Landdegradierung, Desertifikation und den Verlust der biologischen Vielfalt verringern (*hohes Vertrauen*). Es bestehen Synergien zwischen nachhaltigem Landmanagement, Bemühungen zur Armutsbeseitigung, Marktzugang, Mechanismen außerhalb des Marktes und der Abschaffung von Praktiken mit geringer Produktivität. Die Maximierung dieser Synergien kann durch den Erhalt von Ökosystemfunktionen und -leistungen zu Zusatznutzen bei Anpassung, Minderung und Entwicklung führen (*mittleres Vertrauen*). {3.4.2, 3.6.3, Tabelle 4.2, 4.7, 4.9, 4.10, 5.6, 5.7, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, Cross-Chapter Box 12 in Kapitel 7}
- D.2.2** Investitionen in die Wiederherstellung von Landsystemen können zu globalen Vorteilen führen und in Trockengebieten Nutzen-Kosten-Verhältnisse zwischen drei und sechs bezüglich des geschätzten wirtschaftlichen Werts der wiederhergestellten Ökosystemleistungen haben (*mittleres Vertrauen*). Viele Technologien und Praktiken des nachhaltigen Landmanagements sind innerhalb von drei bis zehn Jahren profitabel (*mittleres Vertrauen*). Auch wenn sie Vorabinvestitionen erfordern können, können Maßnahmen

zur Sicherstellung von nachhaltigem Landmanagement Ernteerträge und den wirtschaftlichen Wert von Weiden verbessern. Maßnahmen zur Wiederherstellung und Sanierung von Landsystemen verbessern Systeme zur Sicherung von Lebensgrundlagen und bieten sowohl kurzfristige positive wirtschaftliche Erträge als auch längerfristige Vorteile in Bezug auf Klimaanpassung und Minderung, biologische Vielfalt und verbesserte Ökosystemfunktionen und -leistungen (*hohes Vertrauen*). {3.6.1, 3.6.3, 4.8.1, 7.2.4, 7.2.3, 7.3.1, 7.4.6, Cross-Chapter Box 10 in Kapitel 7}

- D.2.3 Frühzeitige Investitionen in nachhaltige Landmanagementpraktiken und -technologien können von etwa 20 US-Dollar pro Hektar bis 5000 US-Dollar pro Hektar reichen, wobei der Median auf etwa 500 US-Dollar pro Hektar geschätzt wird. Staatliche Unterstützung und ein verbesserter Zugang zu Krediten können helfen, Hürden bei der Einführung zu überwinden, insbesondere solche, denen sich arme Kleinbauern gegenüber sehen (*hohes Vertrauen*). Eine zeitnahe Änderung hin zu ausgewogenen Ernährungsweisen (siehe B.6.2) kann den Druck auf Landsysteme verringern und durch Verbesserung der Nährstoffversorgung erhebliche gesundheitliche Zusatznutzen bieten (*mittleres Vertrauen*). {3.6.3, 4.8, 5.3, 5.5, 5.6, 5.7, 6.4, 7.4.7, 7.5.5, Cross-Chapter Box 9 in Kapitel 6}
- D.3 Schnelle Reduktionen der anthropogenen Treibhausgasemissionen in allen Sektoren entlang ehrgeiziger Minderungspfade verringern die negativen Folgen des Klimawandels auf Landökosysteme und Ernährungssysteme (*mittleres Vertrauen*). Eine Verzögerung von klimabezogenen Minderungs- und Anpassungsmaßnahmen in allen Sektoren würde zu zunehmend negativen Folgen für Landsysteme führen und die Aussicht auf eine nachhaltige Entwicklung verringern (*mittleres Vertrauen*). (Box SPM.1, Abbildung SPM.2) {2.5, 2.7, 5.2, 6.2, 6.4, 7.2, 7.3.1, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.6, Cross-Chapter Box 9 in Kapitel 6, Cross-Chapter Box 10 in Kapitel 7}**
- D.3.1 Verzögerte Maßnahmen in allen Sektoren führen zu einem zunehmenden Bedarf an weitverbreitetem Einsatz landgestützter Anpassungs- und Minderungsoptionen und können dazu führen, dass das Potenzial des Spektrums dieser Optionen in den meisten Regionen der Welt abnimmt, und ihre aktuelle und zukünftige Effektivität einschränken (*hohes Vertrauen*). Jetzt zu handeln kann Risiken und Verluste abwenden oder reduzieren und Nutzen für die Gesellschaft schaffen (*mittleres Vertrauen*). Sofortige Maßnahmen zu Klimaanpassung und Minderung im Einklang mit nachhaltigem Landmanagement und nachhaltiger Entwicklung könnten je nach Region das Risiko durch Klimaextreme, Desertifikation, Landdegradierung sowie Unsicherheit bezüglich Ernährung und Lebensgrundlagen für Millionen von Menschen reduzieren (*hohes Vertrauen*). {1.3.5, 3.4.2, 3.5.2, 4.1.6, 4.7.1, 4.7.2, 5.2.3, 5.3.1, 6.3, 6.5, 7.3.1}
- D.3.2 In Zukunftsszenarien bringt ein Aufschub der Reduktion von Treibhausgasemissionen Zielkonflikte mit sich, was zu deutlich höheren Kosten und Risiken bei steigenden Temperaturen führt (*mittleres Vertrauen*). Das Potenzial für manche Handlungsoptionen, wie z. B. die Anreicherung organischen Bodenkohlenstoffs, nimmt mit zunehmendem Klimawandel ab, da Böden bei höheren Temperaturen eine geringere Kapazität besitzen, als Senken für Kohlenstoffsequestrierung zu fungieren (*hohes Vertrauen*). Verzögerungen bei der Vermeidung oder Reduzierung von Landdegradierung und bei der Förderung positiver Ökosystemwiederherstellung riskieren langfristige Folgen, einschließlich rascher Produktivitätsrückgänge in Landwirtschaft und Weideland, Permafrostabbau und Schwierigkeiten bei der Torfmoorrenaturierung (*mittleres Vertrauen*). {1.3.1, 3.6.2, 4.8, 4.9, 4.9.1, 5.5.2, 6.3, 6.4, 7.2, 7.3; Cross-Chapter Box 10 in Kapitel 7}
- D.3.3 Ein Aufschub der Reduktion von Treibhausgasemissionen aus allen Sektoren bringt Zielkonflikte mit sich, einschließlich irreversiblen Verlusts von Landökosystemfunktionen und -leistungen, die für Ernährung, Gesundheit, bewohnbare Siedlungen und Produktion nötig sind, was zu immer größeren wirtschaftlichen Folgen für viele Länder in vielen Regionen der Welt führt (*hohes Vertrauen*). Maßnahmen zu verzögern, wie bei hohen Emissionsszenarien angenommen, könnte zu einigen irreversiblen Folgen für manche Ökosysteme führen, was längerfristig potenziell zu erheblichen zusätzlichen Treibhausgasemissionen aus Ökosystemen führt, welche die globale Erwärmung beschleunigen würden (*mittleres Vertrauen*). {1.3.1, 2.5.3, 2.7, 3.6.2, 4.9, 4.10.1, 5.4.2.4, 6.3, 6.4, 7.2, 7.3, Cross-Chapter Box 9 in Kapitel 6, Cross-Chapter Box 10 in Kapitel 7}



