3 Klimakonsequenzen für Natur und Mensch

Volker Wittpahl

Klimamodelle sind aktuell die besten Instrumente, um eine Prognose für die klimabedingten Veränderungen in den kommenden Jahren abzugeben. Wie schon bei der Bestimmung der Strahlungsbilanz und des Strahlungsantriebs (RF)¹⁵ zu sehen ist, gibt es Grenzen der Modelle, deren man sich bewusst sein muss. Dennoch erlauben sie, hilfreiche Erkenntnisse zur Veränderung des Klimas zu gewinnen.

Um Prognosen zu erstellen, werden verschiedene Modelle zur Simulation und Beschreibung genutzt. Der Internationale Klimarat IPCC¹⁶ hat für seinen Weltklimabericht aus dem Jahr 2014 auf Simulationen von 40 verschiedenen Erdsystemmodellen zurückgegriffen. Prinzipiell lassen sich aufgrund von Unsicherheiten in den Modellen systematische Fehler in den Berechnungen nicht ausschließen (Brasseur et al. 2017:10 f.).

Zur Beschreibung der Projektionen des Klimawandels wurden im fünften Sachstandsbericht des IPCC Szenarien als Repräsentative Konzentrationspfade (Englisch: Representative Concentration Pathways, RCP) definiert. Die RCP stellen Szenarien dar, die Zeitreihen von Emissionen und Konzentrationen von Treibhausgasen, Aerosolen und weiterer Gase wie die Landnutzung bzw. Landbedeckung berücksichtigen. Dabei steht das Wort „repräsentativ“ in RCP für den Umstand, dass dieses Szenario nur eines von vielen möglichen ist, mit denen es zur Entwicklung der spezifischen Eigenschaften des Strahlungsantriebs kommt. Dass man die Szenarien Pfade genannt hat, soll zeigen, dass nicht nur das langfristig zu erreichende Konzentrationsniveau, sondern auch der dahin führende Weg über die Zeit von Interesse ist (IPCC 2014a:A-23). Die RCP zielen mit ihrer Projektion auf das Ende des Jahrhunderts (2080 bis 2100) und beziehen sich bei den Veränderungen auf den Zeitraum von 1986 bis 2005 (IPCC 2014a:WGI-17).

Den RCP-Szenarien sind für das Jahr 2100 Werte für die CO₂-Konzentrationen bzw. für die kombinierten CO₂-Äquivalente-Konzentrationen zugeordnet, wobei letztere die Konzentrationen von Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) mit einbeziehen. Änderungen natürlicher Treiber, wie des solaren oder durch Vulkane verursachten Antriebs wie auch natürliche Emissionen von CH₄ oder N₂O sind in den RCP nicht berücksichtigt (IPCC 2014a:WGI-28). Im fünften Sachbericht des IPCC wurden vier

¹⁵ Englisch: Radiative Forcing (RF).

¹⁶ Englisch: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Szenarien für die RCP definiert und sind nach ihrem ungefähren RF-Wert für das Jahr 2100 benannt¹⁷.

RCP2.6 stellt ein Minderungsszenario dar, das vor dem Jahr 2100 einen Strahlungsantrieb RF bei einem Höchststand von ca. 3 W/m² ausgeht und bis zum Jahr 2100 auf 2,6 W/m² abfällt.

RCP4.5 und RCP6.0 sind Stabilisierungsszenarien, in denen sich der Strahlungsantrieb RF nach dem Jahr 2100 auf etwa 4,5 W/m² und 6,0 W/m² stabilisiert.

RCP8.5 stellt ein Szenario mit sehr hohen Treibhausgas-Emissionen dar, in dem für das Jahr 2100 ein Strahlungsantrieb RF von größer 8,5 W/m² angenommen wird.

Eine Übersicht der RCP-Szenarien ist in Abb. 3.1 gegeben. Sie sind die Grundlage für die Klimaprognosen und -projektionen des fünften Sachberichts des IPCC und werden derzeit auch in der Literatur als Grundlage für Klima relevante Betrachtungen genutzt.

Aktuelle Prognosen und vereinfachte Annahmen zur beschleunigten Erderwärmung

Vergleicht man die Szenarien mit dem RF-Wert für das Jahr 2019 von 3,14 W/m² (NOAA 2020), so ist davon auszugehen, dass das Szenario RCP2.6 als nicht mehr wahrscheinlich für das Jahr 2100 anzusehen ist. Selbst der IPCC geht aktuell davon aus, dass zwischen 2030 und 2052 die globale Erwärmung um 1,5 Grad Celsius erreicht wird (IPCC 2018:8). Das globale Temperaturniveau wird bis zum Jahr 2024 mit einer Wahrscheinlichkeit von 20 Prozent im Mittel um 1,5 Grad Celsius angestiegen sein, prognostiziert die Weltorganisation für Meteorologie (WMO)¹⁸ (WMO 2020).

Zum Redaktionsschluss haben Wissenschaftler:innen veröffentlicht, dass sich aufgrund der bisher kumulierten CO₂-Emissionen Entwicklungen für die Zukunft nur noch anhand des RCP-8.5-Szenarios darstellen lassen (Schwalm et al. 2020).

Da es für die kommenden Jahre noch keine Szenarien gibt, welche die aktuellen Werte berücksichtigen, soll hier versucht werden mit sehr groben Annahmen eine Abschätzung für die anstehende Entwicklung vorzunehmen. Dazu werden einige vereinfachende Annahmen getroffen.

Es wird davon ausgegangen, dass die CO₂-Konzentration auch über die nächsten Jahre kontinuierlich ansteigt. Der jährliche Zuwachs der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre wird als linear und konstant mit einem Wert von 3 ppm¹⁹ Zuwachs pro

¹⁷ Der Strahlungsantrieb ist dabei bezogen auf das Jahr 1750.

¹⁸ Englisch: World Meteorological Organization (WMO).

¹⁹ Teile pro Million Teilchen (Englisch: parts per million; ppm).

CO ₂ Äq-Konzentrationen in 2100 (ppm CO ₂ Äq) Kategoriekennzeichnung (Konzentrationsbereich)	Unterkategorien	Relative Einordnung der RCP	Wahrscheinlichkeit im Verlauf des 21. Jahrhunderts unterhalb eines bestimmten Temperaturniveaus zu bleiben (bezogen auf 1850–1900)			
			1,5°C	2°C	3°C	4°C
450 (430 bis 480)	Gesamtbereich	RCP2.6				
500 (480 bis 530)	Kein Überschreiten von 530 ppm CO ₂ Äq					
	Überschreiten von 530 ppm CO ₂ Äq					
550 (530 bis 580)	Kein Überschreiten von 580 ppm CO ₂ Äq					
	Überschreiten von 580 ppm CO ₂ Äq					
(580 bis 650)	Gesamtbereich	RCP4.5				
(650 bis 720)	Gesamtbereich					
(720 bis 1000)	Gesamtbereich	RCP6.0				
> 1000	Gesamtbereich	RCP8.5				
<div><div></div> Unwahrscheinlich</div> <div><div></div> Eher unwahrscheinlich als wahrscheinlich</div> <div><div></div> Etwa ebenso wahrscheinlich wie nicht</div> <div><div></div> Eher wahrscheinlich als nicht</div> <div><div></div> Wahrscheinlich</div>						

Abb. 3.1 Globale Veränderungen aus den RCP-Szenarien. (Eigene Darstellung nach IPCC 2014a:WGIII-8 und IPCC 2014b:12, 13, 64)

Jahr angenommen. Weiterhin wird angenommen, dass die sonstigen Bedingungen gleichbleiben, das heißt es gibt keine unvorhergesehenen Naturereignisse oder Rückkopplungen, und auch die CO₂-Senken bleiben konstant. Außer der gleichbleibenden Zunahme der CO₂-Konzentration werden keine anderen Einflüsse berücksichtigt.

Es handelt sich zwar um sehr stark vereinfachende Annahmen, aber sie erlauben grob zu ermitteln, wann welches Temperaturniveau aufgrund der CO₂-Konzentration erreicht wird. Hierzu wird die Differenz zwischen der aktuellen CO₂-Konzentration von etwa 410 ppm und den RPC-Szenarien zugeordneten CO₂-Konzentrationen aus der Tabelle in Abb. 3.1 gebildet und durch den Wert des jährlichen Zuwachses geteilt.

Nach dieser groben Überslagsbetrachtung sind es bis zum Erreichen der unteren Schwelle des RPC-2.6-Szenarios, der die CO₂-Äquivalente-Konzentration von

Abb. 3.2 Basisklimavorhersagen für Deutschland des DWD für den Zeitraum 2020 bis 2029. (Eigene Darstellung nach DWD 2020a)

430 ppm zugeordnet ist, noch etwa sieben Jahre. Bis zum Jahr 2030 würde die CO_2 -Konzentration einen Wert von etwa 440 ppm erreichen. Vergleicht man diese grobe Abschätzung mit der Annahme der WMO, so sollte man davon ausgehen, dass spätestens zum Ende der Dekade eine 1,5 Grad Erwärmung eingetreten ist. Im Weiteren geht aus der Abschätzung hervor, dass in den 2030er Jahren mit dem Erreichen einer globalen 2 Grad Erwärmung zu rechnen ist. Nimmt man die Prognose des Deutschen Wetterdienstes (DWD) als Indikator für die globale Erwärmung, der für Deutschland schon 2030 eine Erwärmung um 2 Grad Celsius gegenüber dem Bezugszeitraum von 1981 bis 2010 vorhersagt (DWD 2020a), so ist die grobe Abschätzung für die 2030er Jahre nicht unwahrscheinlich.

Geht man davon aus, dass eine globale Erwärmung um 3 Grad Celsius bei einer CO_2 -Konzentration um 500 ppm erreicht wird, so liegt dieser Wert um 90 ppm über dem heutigen, der nach den groben Vereinfachungen im Jahr 2050 erreicht werden würde. Natürlich gibt es Unsicherheiten. So ist nicht klar, ob der jährliche Zuwachs der CO_2 -Konzentration über die nächsten Jahre ein lineares Verhalten aufweisen wird und wie sich der Zuwachs durch Emissionsreduktionen oder durch Rückkopplungen im Klimasystem ändert.

Für einen Überblick über die Entwicklung des Klimas in Deutschland bietet der DWD neben Basisklimavorhersagen für die aktuelle Dekade (siehe Abb. 3.2) auch interaktive Klimaprognosen bis zum Jahr 2100 über seinen deutschen Klimaatlas. Dort werden 21 verschiedene Klimamodelle berechnet, deren Ergebnisse man sich online anhand von Karten (siehe Abb. 3.3) oder als zeitlichen Verlauf anzeigen lassen kann.

Damit nun der beschleunigte Temperaturanstieg in weiteren Betrachtungen handhabbar ist, wird für die kommenden Jahre von folgenden Annahmen zur Erwärmung ausgegangen: Innerhalb der Dekade bis 2030 wird die globale Temperatur um 1,5 Grad Celsius ansteigen und in der Dekade nach 2030 wird eine globale Temperaturerhöhung von 2 Grad Celsius erreicht. Um das Jahr 2050 wird eine globale Erwärmung von 3 Grad Celsius angenommen.

Globale Klimakonsequenzen

Um die Entwicklungen in einer Phase der beschleunigten Erwärmung für die nächsten Jahre abschätzen zu können, ist es sinnvoll, sich Prognosen zu existierenden Erwärmungsszenarien anzuschauen und die aktuellen Veränderungen zu den vorhergesagten Effekten in Relation zu setzen. In Abb. 3.4 sind die globalen Klimafolgen für den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur um 1,5 Grad Celsius und 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter aufgetragen. Die Abb. 3.5 gibt eine Übersicht zu Prognosen aus den RCP-Szenarien für das Ende des Jahrhunderts.

Den Einfluss der globalen Erwärmung auf verschiedene natürliche und menschliche Systeme beschreibt der IPCC über die sogenannten Gründe zur Besorgnis (Englisch: Reasons for Concern, RFC). Diese sind vom IPCC wie folgt definiert (IPCC 2018:15):

- *RFC1 Einzigartige und bedrohte Systeme*
Hiermit sind ökologische und menschliche Systeme gemeint, deren begrenzte geografische Ausbreitung durch klimabedingte Umstände eingeschränkt ist. Diese Systeme weisen einen hohen Endemismus – also ein hohes Vorkommen von Tieren und Pflanzen in einem bestimmten, begrenzten Gebiet – oder andere einzigartige Eigenschaften auf. Beispiele hierfür sind Korallenriffe, Gebirgsgletscher oder die Arktis und ihre indigenen Einwohner:innen.
- *RFC2 Extremwetterereignisse*
Hierzu zählen unter anderem Hitzewellen, Starkregen, Dürren und damit verbundene Wald- und Flächenbrände aber auch die Überflutung von Küstenregionen. Diese führen zu Risiken für die menschliche Gesundheit, Lebensgrundlagen, Vermögenswerte und Ökosysteme.

Abb. 3.3 Klimaszenarien zur Änderung der mittleren Jahrestemperatur in Kelvin für Deutschland aus dem deutschen Klimaatlas links für das Zeitfenster 2020 bis 2050 und rechts für das Zeitfenster 2070 bis 2100. Das 50. Perzentil gibt den Wert an, für den jeweils die Hälfte der Modellsimulationen höhere bzw. niedrigere Änderungen zeigen. 15 % aller Modellergebnisse liegen unterhalb des 15. Perzentils oder erreichen dieses gerade genau. Die übrigen 85 % der Modellsimulationen zeigen dagegen größere Änderungen. Entsprechend liegen 85 % unterhalb des 85. Perzentils oder erreichen dieses. Zwischen das 15. und 85. Perzentil fallen somit 70 % aller Modellergebnisse. (Eigene Darstellung nach DWD 2020b)

Bereich	Folgen		Temperaturanstieg um 1,5°C	Temperaturanstieg um 2°C
Süßwasser	Dürre	Zusätzliche Stadtbewohner, die schwerer Dürre ausgesetzt sind	Etwa 350 ± 159 Mio.	Etwa 411 ± 214 Mio.
	Hochwasser	Zunahme der von Flusshochwasser betroffenen Bevölkerung (Vergleich zu 1976 bis 2005)	100 %	170 %
Terrestrische Ökosysteme	Verlust an Biodiversität	Insekten, die mehr als die Hälfte ihres Lebensraums verlieren (Anteil)	Etwa 6 %	Etwa 18 %
		Pflanzen, die mehr als die Hälfte ihres Lebensraums verlieren (Anteil)	Etwa 8 %	Etwa 16 %
		Wirbeltiere, die mehr als die Hälfte ihres Lebensraums verlieren (Anteil)	Etwa 4 %	Etwa 8 %
Ozeane	Meeresspiegelanstieg	Anstieg bis 2100	Um bis zu etwa 1 m*	Um etwa 10 cm höher als bei 1,5 °C
	Meereisfreie arktische Sommer	Häufigkeit	Etwa alle 100 Jahre	Etwa alle zehn Jahre
	Verlust an tropischen Korallenriffen	Verlorener Anteil	70–90 %	> 99 %
	Sinkende Fischbestände	Rückgang der jährlichen Meeresfischeerträge	Etwa 1,5 Mio. t	> 3 Mio. t
Küstengebiete	Folgen von Meeresspiegelanstieg	Betroffene Anzahl an Menschen (ohne Schutzmaßnahmen)	Etwa 128–143 Mio.	Etwa 141–151 Mio.
	Zunehmende Stürme	Betroffene Anzahl an Menschen (mit Schutzmaßnahmen von 1995)	Jährlich etwa 2–28 Mio.	Jährlich etwa 15–52 Mio.
* Die Instabilität der polaren Eisschilde könnte außerdem einen Meeresspiegelanstieg um mehrere Meter über einen Zeitraum von hunderten bis tausenden Jahren zur Folge haben.				

Abb. 3.4 Gegenüberstellung ausgewählter Klimafolgen bei einem Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur im Vergleich zum vorindustriellen Niveau um 1,5 Grad Celsius und 2 Grad Celsius. (Eigene Darstellung nach BMU 2019:11)

- *RFC3 Verteilung der Folgen*
Hiermit ist die unterschiedliche Verteilung von physischen Gefährdungen durch Klima, Exposition oder Verwundbarkeit gemeint, wodurch bestimmte Gruppen überproportional beeinträchtigt werden.

	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6.0	RCP 8.5
Temperaturveränderung im Jahr 2100 im Vergleich zum Zeitraum 1850 bis1900	1,0–2,8°C	1,5–4,5°C	2,1–5,8°C	2,8–7,8°C
CO ₂ -Konzentrationen in 2100 (ppm CO ₂)	430–480	580–720	720–1000	> 1000
Meeresspiegelanstieg 2081 bis 2100 bezogen auf 1986 bis 2005	0,25–0,55 m			0,45–0,82 m
Ozeanversauerung an der Meeresoberfläche 2081 bis 2100	15–17 %	38–41 %	58–62 %	100–109 %
Rückgang Gletschervolumen	15–55 %			35–85 %
Rückgang Permafrostfläche	37 %			81 %

Abb. 3.5 RCP-Klima-Szenarien des IPCC. (Eigene Darstellung nach IPCC 2014a:WGIII-8)

- *RFC4 Aggregierte globale Folgen*
Hierunter fallen unter anderem Folgen in Form von globalen finanziellen Schäden, der Zerstörung und dem Verlust von Ökosystemen wie auch der biologischen Vielfalt in globalem Maßstab.
- *RFC5 Großräumige Singularitäten*
Hiermit sind Ereignisse gemeint, die durch die globale Erwärmung relativ große, abrupte und bisweilen irreversible Änderungen in Systemen verursachen. Hierunter fallen prinzipiell auch Kipp-Punkte. Der Zerfall der Eisschilde Grönlands ist ein Beispiel für solche Singularitäten.

In Abb. 3.6 sind die fünf Gründe zur Besorgnis mit den verbundenen Folgen mit dem zugehörigen Risiko-Niveau angegeben.

Der IPCC erwartet, dass mit zunehmender Erwärmung Risiken inklusive kaskadenartiger Risiken zunehmend größer werden (IPCC 2019:15).

Für eine globale Erwärmung um etwa 1,5 Grad Celsius werden die folgenden Risiken als hoch eingestuft²⁰: Wasserknappheit in Trockengebieten, Schäden durch Wald- und Flächenbrände, Permafrostabbau und Instabilitäten der Nahrungsmittelversorgung.

²⁰ Die Einschätzung erfolgt mit einem mittleren Vertrauen (IPCC 2019:15).

Mit den Gründen zur Besorgnis (RFCs) verbundene Folgen und Risiken

Folgen und Risiken für bestimmte natürliche, bewirtschaftete und menschliche Systeme

Vertrauensniveau für Übergang: G = Gering, M = Mittel, H = Hoch und SH = Sehr hoch

Abb. 3.6 Fünf Gründe zur Besorgnis (RFC) des IPCC. Das obere Diagramm zeigt eine Zusammenfassung von Schlüsselfolgen und -risiken über Sektoren und Regionen hinweg. Das untere Diagramm zeigt die Auswirkungen der globalen Erwärmung für ausgewählte Systeme. In den Diagrammen sind zusätzlich noch für Temperatur-Niveaus die abgeschätzten Zeiträume ihrer Erreichung aus diesem Beitrag eingetragen. (Eigene Darstellung nach IPCC 2018:15)

Für eine globale Erwärmung um etwa 2 Grad Celsius werden die folgenden Risiken als sehr hoch eingestuft²¹: Permafrostabbau und Instabilitäten der Nahrungsmittelversorgung.

Und bei einer weiteren globalen Erwärmung um 3 Grad Celsius werden die Risiken durch Vegetationsverlust, Schäden durch Wald- und Flächenbrände sowie Wasserknappheit in Trockengebieten ebenfalls als sehr hoch eingestuft²².

Weiterhin nehmen für eine globale Erwärmung zwischen 1,5 und 3 Grad Celsius auch Risiken durch Dürren, Wasserstress, hitzebedingte Ereignisse wie Hitzewellen und Lebensraumschädigung zu²³.

Diese Veränderungen bringen zusätzliche Belastungen für Landsysteme mit sich. Hierdurch verschärfen sich schon bestehende Risiken für Lebensgrundlagen, die biologische Vielfalt, die Gesundheit von Mensch und Ökosystemen, Infrastruktur und Ernährungssysteme²⁴. Die Ausprägung und die globale Verteilung der Risiken werden variieren, sodass einige Regionen mit höheren Risiken und andere mit nicht erwarteten Risiken konfrontiert werden, aber auch kaskadenartige Risiken mit Folgen für verschiedene Systeme und Sektoren werden regional unterschiedlich stark zum Tragen kommen²⁵.

Generell werden global mit zunehmender Erwärmung hitzebedingte Ereignisse einschließlich Hitzewellen in ihrer Häufigkeit, Intensität und Dauer zunehmen. Insbesondere werden Häufigkeit und Intensität von Dürren im Mittelmeerraum und im südlichen Afrika ansteigen und gleichzeitig Extremniederschläge für viele Regionen häufiger und intensiver auftreten²⁶. Damit einhergehend wird erwartet, dass sich die Klimazonen der mittleren und hohen Breitengrade weiter polwärts verschieben und die Erwärmung in den hohen Breitengraden zu vermehrten Störungen in borealen Wäldern führen wird, was Dürren, Wald- und Flächenbrände sowie Schädlingsausbrüche einschließt²⁷.

Eine aktuelle Übersicht der globalen landbezogenen Risiken in Bezug auf die Bedrohung von menschlichen Systemen und Ökosystemen ist in Abb. 3.7 dargestellt.

²¹ Die Einschätzung erfolgt mit einem mittleren Vertrauen (IPCC 2019:15).

²² Die Einschätzung erfolgt mit einem mittleren Vertrauen (IPCC 2019:15).

²³ Die Einschätzung erfolgt mit einem geringen Vertrauen (IPCC 2019:15).

²⁴ Die Einschätzung erfolgt mit einem hohen Vertrauen (IPCC 2019:15).

²⁵ Die Einschätzung erfolgt mit einem hohen Vertrauen (IPCC 2019:15).

²⁶ Die Einschätzung erfolgt mit einem hohen Vertrauen (IPCC 2019:15).

²⁷ Die Einschätzung erfolgt mit einem hohen Vertrauen (IPCC 2019:15).

Globale Kipp-Punkte

Neben Aussagen zu den Auswirkungen des Anstiegs der mittleren globalen Oberflächentemperatur aus den RCP-Szenarien geben auch Vorhersagen zu globalen Kipp-Punkten, im Englischen *Tipping Points*, Hinweise auf zu erwartende Entwicklungen. Als Kipp-Punkte bezeichnet man Ereignisse, die mit einer bestimmten mittleren Erwärmung einsetzen, ohne dass sie sich danach stoppen oder umkehren lassen. Für abrupte und drastische Klimaänderungen besteht die Gefahr, dass sie die Anpassungsmöglichkeiten der menschlichen Gesellschaft übersteigen (Umweltbundesamt 2008:4).

Wichtig ist sich bewusst zu machen, dass alle Schwellenwerte, die für den Eintritt eines Kipp-Punkts angenommen werden, unsicher sind (Umweltbundesamt 2012:62). Vor diesem Hintergrund werden die globalen Kipp-Punkte, die in der Wissenschaft diskutiert werden, auch nur kurz aufgeführt (Umweltbundesamt 2008:4/5):

- Schmelzen des Meereises und Abnahme der Albedo in der Arktis
- Schmelzen des Grönländischen Eisschilds und Anstieg des Meeresspiegels
- Instabilität des westantarktischen Eisschilds und Anstieg des Meeresspiegels
- Störung der ozeanischen Zirkulation im Nordatlantik
- Zunahme und mögliche Persistenz des El-Niño-Phänomens
- Störung des indischen Monsunregimes
- Instabilität der Sahel-Zone in Afrika
- Austrocknung und Kollaps des Amazonas-Regenwaldes
- Kollaps der borealen Wälder
- Auftauen des Permafrostbodens unter Freisetzung von Methan und Kohlendioxid
- Schmelzen der Gletscher und Abnahme der Albedo im Himalaya
- Versauerung der Ozeane und Abnahme der Aufnahmekapazität für Kohlendioxid
- Freisetzung von Methan aus Meeresböden

Für eine globale Erwärmung gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter um 1,5 bzw. 2 Grad Celsius wird das Passieren mehrerer Kipp-Punkte erwartet (Umweltbundesamt 2012:62), von denen hier folgend nur einige exemplarisch angeführt sind.

Veranschaulichendes Beispiel von Übergängen

Legende: Folgen-/Risiken-Niveau

Vertrauensniveau für Übergang: G = Gering, M = Mittel, H = Hoch und SH = Sehr hoch

◀ *Abb. 3.7 Globale landbezogene Risiken für menschliche Systeme und Ökosysteme. Der Anstieg der mittleren globalen Oberflächentemperatur (Englisch: global mean surface temperature, GMST) gegenüber dem vorindustriellen Niveau hat Auswirkungen auf Prozesse, die beteiligt sind an Desertifikation (Wasserknappheit), Landdegradierung (Bodenerosion, Vegetationsverlust, Wald- und Flächenbrände, Tauen von Permafrost) und der Ernährungssicherheit (Instabilitäten von Ernteerträgen und Nahrungsmittelversorgung). Durch Veränderungen in diesen Prozessen entstehen Risiken für Ernährungssysteme, Lebensgrundlagen, Infrastruktur, den Wert von Land sowie die Gesundheit von Menschen und Ökosystemen. Je nach Region unterscheiden sich die Risiken in ihrem Zusammenspiel. In den Diagrammen sind zusätzlich noch für Temperatur-Niveaus die abgeschätzten Zeiträume ihrer Erreichung aus diesem Beitrag eingetragen. (Eigene Darstellung nach IPCC 2019:14)*

Aktuelle Erwärmung (Stand 2020):

- Beobachtung einer erhöhten Häufigkeit von Korallenriffbleichen aufgrund von thermischem Stress
- Beobachtung eines beschleunigten Eisverlustes an den Eisschilden der West-Antarktis und Grönlands (schneller als von Modellen vorhergesagt)
- Beobachtung einer schnellen Abnahme der sommerlichen arktischen Meereisfläche und -dicke (schneller als von Modellen vorhergesagt)

Erwärmung um 1,5 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter:

- Korallenriffbleichen als ein halbjährliches bis jährliches Ereignis in der östlichen Karibik
- Risiko schwerer Bleichen alle fünf Jahre im indischen Ozean
- CO₂-Konzentrationen von etwa 350 ppm: Mögliche obere Schwelle der Lebensfähigkeit von Korallenriffen
- Gefahr des vollständigen Verlustes des sommerlichen Meereises in der Arktis mit weitreichenden negativen Auswirkungen auf Arten und eisbasierte Ökosysteme

Erwärmung um 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter:

- Erwärmung um 1 bis 3 Grad Celsius: weit verbreitete Sterblichkeit der Korallenriffe, wobei das Risiko im Temperaturbereich von 1,5 bis 2 Grad Celsius rasch zunimmt
- CO₂-Konzentrationen um etwa 450 ppm: Korallenriffe stoppen ihr Wachstum aufgrund der Auswirkungen der Versauerung der Ozeane, die durch das steigende atmosphärische CO₂ verursacht wird

- Großes Risiko des Absterbens des Amazonas-Waldes unter der Annahme, dass kein nachhaltiger CO₂-Düngungseffekt eintritt
- Etwa 10 Prozent Wahrscheinlichkeit eines Zusammenbruchs der atlantischen meridionalen Umwälzzirkulation (Golfstrom)

Fazit

Die Klimasimulationen und die Prognosen der Wissenschaftler:innen zeigen, dass gerade der Temperaturanstieg um 1,5 bzw. 2 Grad Celsius bezogen auf das Niveau des vorindustriellen Zeitalters mit sehr einschneidenden Veränderungen einhergeht. Leider haben die Schwellwerte für das Eintreten von Kipp-Punkten eine Unsicherheit, sodass sie auch schon früher eintreten können als erwartet.

Mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit kann man davon ausgehen, dass eine Erwärmung um 1,5 Grad Celsius innerhalb der nächsten zehn Jahre erreicht wird und eine Erwärmung um 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau sich im Laufe der 2030er-Jahre einstellt. Daher ist es sinnvoll, sich regelmäßig die aktualisierten Prognosen beispielsweise des DWD anzuschauen, um den Fortschritt der beschleunigten Erwärmung einschätzen zu können.

Für die Aus- und Wechselwirkungen einer beschleunigten Erwärmung in den nächsten Jahren gibt es noch keine Simulationen. Hilfreich ist es daher, die Vorhersagen für 1,5-Grad-Celsius-Erwärmungsszenarien für Planungen in der nächsten Dekade heranzuziehen und für die 2030er jene aus den Prognosen für ein 2-Grad-Celsius-Erwärmungsszenario.

Hierzu soll dieses Buch als Orientierungshilfe dienen. Die auf die physikalischen Zusammenhänge fokussierte Zusammenstellung in diesem Kapitel soll es auch Laien ermöglichen die Ergebnisse von Studien und Prognosen aus der Wissenschaft für Planungen im eigenen Umfeld besser einschätzen und nutzen zu können. Die folgenden Kapitel geben einen schlaglichtartigen Überblick zum aktuellen Stand der Klima-Diskussion mit Blick auf Politik und Green Deal, Technologie und Digitalisierung sowie Gesellschaft und Wirtschaft. Sie wollen dazu auffordern, mögliche Entwicklungen und Auswirkungen auf und durch den Klimawandel in den unterschiedlichen Sektoren zu erkennen und sich bewusst zu werden, wo die Chancen und die Grenzen des aktuellen Handelns liegen.

Literatur

- BMU (2019): Klimaschutz in Zahlen, Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik, 2019. Verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz_zahlen_2019_broschuere_bf.pdf, zuletzt geprüft am 03.08.2020.
- Brasseur, Guy P.; Jacob, Daniela; Schuck-Zöller, Susanne (2017): Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven, Springer Verlag. Verfügbar unter <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-662-50397-3>, zuletzt geprüft am 03.07.2020.
- DWD (2020a): Basisklimavorhersagen: 1–10 Jahre (11. März 2020). Verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimavorhersagen/_node_basis_jahre.html, zuletzt geprüft am 03.08.2020.
- DWD (2020b): Deutscher Klimaatlas. Verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html, zuletzt geprüft am 03.08.2020.
- IPCC (2014a): Klimaänderung 2014: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger (SPM) zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, Pachauri, Rajendra K und Meyer, Leo A (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016. Verfügbar unter <https://www.de-ipcc.de/128.php>, zuletzt geprüft am 03.07.2020.
- IPCC (2014b): Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, Pachauri, Rajendra K und Meyer, Leo A (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016. Verfügbar unter https://www.de-ipcc.de/media/content/IPCC-AR5_SYR_barrierefrei.pdf, zuletzt geprüft am 03.07.2020.
- IPCC (2018): 1,5 °C GLOBALE ERWÄRMUNG Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger, ISBN: 978-3-89100-051-9, Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2018. Verfügbar unter https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/SR1.5-SPM_de_barrierefrei-2.pdf, zuletzt geprüft am 03.07.2020.
- IPCC (2019): Sonderbericht über Klimawandel und Landsysteme Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger, ISBN 978-3-89100-053-3, Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2019. Verfügbar unter https://www.de-ipcc.de/media/content/SRCCL-SPM_de_barrierefrei.pdf, zuletzt geprüft am 02.08.2020.
- NOAA Butler, James H.; Montzka, Stephen A (2020): THE NOAA ANNUAL GREENHOUSE GAS INDEX (AGGI), Frühjahr 2020 aktualisiert. Verfügbar unter <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>, zuletzt geprüft am 29.07.2020.
- Schwalm, Christopher R; Glendon, Spencer; Duffy, Philip B (2020): RCP8.5 tracks cumulative CO₂ emissions, PNAS, 03.08.2020. Verfügbar unter <https://www.pnas.org/content/early/2020/07/30/2007117117>, zuletzt geprüft am 10.08.2020.
- Umweltbundesamt (2008): Hintergrundpapier KIPP-PUNKTE IM KLIMASYSTEM Welche Gefahren drohen?, Umweltbundesamt, Juli 2008. Verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3283.pdf>, zuletzt geprüft am 03.08.2020.

Umweltbundesamt (2012): Risk-analysis of global climate tipping points, Umweltbundesamt, September 2012, ISSN 1862-4359. Verfügbar unter <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/22006133>, zuletzt geprüft am 03.08.2020.

WMO (2020): New climate predictions assess global temperatures in coming five years, 08.07.2020. Verfügbar unter <https://public.wmo.int/en/media/press-release/new-climate-predictions-assess-global-temperatures-coming-five-years>, zuletzt geprüft am 29.07.2020.

Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.