

An abstract painting with a complex texture. The background is a mix of dark green, light green, yellow, and white. There are thick, expressive brushstrokes and areas where the paint has been scraped or layered, creating a sense of depth and movement. The colors are vibrant and somewhat chaotic, suggesting a natural or environmental theme.

**Klimawandel 2021:**

**Eine Zusammenfassung**

**für alle**



## Wetter, Klima und der IPCC

Unabhängig davon, wo wir leben, erleben wir alle Wetter: wie sich die Bedingungen in unserer Atmosphäre über Minuten, Stunden, Tage und Wochen verändern. Wir alle erleben auch das Klima: das Wetter an einem Ort im Durchschnitt über mehrere Jahrzehnte. Von Klimawandel spricht man, wenn sich diese gemittelten Bedingungen ändern, und die Ursachen dafür können entweder natürliche oder menschliche Aktivitäten sein. Steigende Temperaturen, schwankende Niederschlagsmengen und zunehmende extreme Wetterereignisse sind Beispiele für Klimaveränderungen, aber es gibt noch viele andere.

Im Jahr 1990 kam der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) in seinem ersten Bericht zu dem Schluss, dass sich der vom Menschen verursachte Klimawandel bald bemerkbar machen würde. Man konnte damals aber noch nicht bestätigen, dass er bereits eingetreten ist. Heute, rund 30 Jahre später, sind die Beweise dafür, dass menschliche Aktivitäten das Klima verändert haben, überwältigend.

Hunderte von Wissenschaftlern aus der ganzen Welt kommen zusammen, um die IPCC-Berichte zu erstellen. Sie stützen sich bei ihren Schlussfolgerungen auf verschiedene Arten von wissenschaftlichen Erkenntnissen, darunter:

- Messungen oder Beobachtungen, die manchmal mehr als ein Jahrhundert zurückreichen;
- Paläoklimatische (sehr alte) Belege aus der Zeit vor Tausenden oder Millionen von Jahren (z. B. Baumringe, Gesteins- oder Eisbohrkerne);
- Computermodelle, die vergangene, aktuelle und künftige Klimaveränderungen untersuchen (siehe Infobox *Was sind Klimamodelle?* auf Seite 9);
- Verständnis, wie das Klima funktioniert (physikalische, chemische und biologische Prozesse).

Seit den Anfängen des IPCC verfügen wir über viel mehr Daten und bessere Klimamodelle. Wir wissen jetzt mehr darüber, wie die Atmosphäre mit dem Ozean, dem Eis, dem Schnee, den Ökosystemen und dem Land der Erde interagiert. Die Computersimulationen des Klimas haben sich erheblich verbessert und liefern nun viel detailliertere Daten über vergangene Veränderungen und künftige Prognosen. Hinzu kommt, dass seit Jahrzehnten mehr Treibhausgase ausgestoßen werden, wodurch die Auswirkungen des Klimawandels deutlicher werden (siehe Infobox: *Was sind Treibhausgase?* auf Seite 6). Infolgedessen kann der jüngste IPCC-Bericht die Schlussfolgerungen aus früheren Berichten bestätigen und verstärken.

Was ist in dieser Zusammenfassung enthalten?

- Der Klimawandel heute: Welche Veränderungen bereits eingetreten sind und woher wir wissen, dass der Mensch dafür verantwortlich ist;
- Unser zukünftiges Klima: Welche Veränderungen könnten in der Zukunft eintreten, abhängig von den Maßnahmen, die wir ergreifen;
- Begrenzung des zukünftigen Klimawandels: Was ist erforderlich, um den weiteren Anstieg der globalen Temperatur zu verhindern?

# Der Klimawandel heute

**Die globale Erwärmung hat schon jetzt weitreichende, schnelle und sich weiter verstärkende Veränderungen verursacht. Einige dieser Veränderungen sind beispiellos in Tausenden oder sogar Millionen von Jahren**

Der Klimawandel ist mehr als nur die Erderwärmung; überall erleben wir weitreichende Veränderungen: in der Atmosphäre, an Land, im Ozean und in den Polarregionen. Die folgende Liste und Abbildung A geben einen Überblick über die Klimaveränderungen, die wir weltweit beobachten.



## Die Atmosphäre

- Die Durchschnittstemperatur der Erdoberfläche war zwischen 2011 und 2020 um 1,1°C wärmer als die Durchschnittstemperatur im späten 19. Jahrhundert (vor der industriellen Revolution) und damit wärmer als jemals zuvor in den letzten 100.000 Jahren.
- Jedes der letzten vier Jahrzehnte war wärmer als jedes vorherige Jahrzehnt seit 1850. Die Welt erwärmt sich schneller als jemals zuvor in mindestens den letzten zweitausend Jahren.
- Der Gehalt an Treibhausgasen in der Luft nimmt aufgrund unserer Emissionen weiter zu. Die Kohlendioxidkonzentration ist so hoch wie seit mindestens 2 Millionen Jahren nicht mehr. Die Methan- und Lachgaskonzentrationen sind auf dem höchsten Stand seit mindestens 800.000 Jahren (siehe Infobox: *Was sind Treibhausgase?* auf Seite 6).

## Das Land

- Die Regenmenge über den Kontinenten hat seit den 1950er Jahren zugenommen. In tropischen Regionen regnet es während der Regenzeit mehr und während der Trockenzeit weniger.
- Viele Tier- und Pflanzenarten sind näher zu den Polen und in höhere Lagen gewandert, um den Verschiebungen der Klimazonen zu folgen.
- Für einige Pflanzenarten der nördlichen Erdhalbkugel ist die Wachstumszeit länger geworden (bis zu 14 Tage länger seit den 1950er Jahren) und insgesamt ist die Landoberfläche seit den frühen 1980er Jahren grüner geworden.

## Eisregionen

- Viele der gefrorenen Teile der Erde schmelzen schnell oder tauen auf. Insgesamt nimmt der Schneefall ab. Das seit 1950 weitverbreitete Abschmelzen der Gletscher ist seit mindestens 2000 Jahren beispiellos.
- Die Meereisbedeckung im Arktischen Ozean ist heutzutage 40% kleiner als in den 1980er Jahren. Sie ist geringer als jemals zuvor in den letzten 1000 Jahren.
- Die schneebedeckten Gebiete der nördlichen Erdhalbkugel sind seit den 1970er Jahren geschrumpft und die Böden, die bisher das ganze Jahr lang gefroren waren, haben sich so sehr erwärmt, dass sie tauen.

- Die Eisschilde Grönlands und der Antarktis schmelzen, ebenso wie fast alle Gletscher der Welt, so dass riesige Mengen Schmelzwasser in die Weltmeere gelangen.

## Weltmeere

- 90% der zusätzlichen Wärme, die mit der globalen Erwärmung einhergeht, wird von den Weltmeeren aufgenommen (siehe Kasten *Was sind Treibhausgase?* auf Seite 6). Die Ozeane erwärmen sich heute schneller als jemals zuvor in den letzten 11.000 Jahren.
- Der Meeresspiegel ist seit 1900 weltweit um etwa 20 Zentimeter gestiegen. Er steigt schneller als jemals zuvor in mindestens 3000 Jahren, und der Anstieg beschleunigt sich weiter.
- Durch die Aufnahme von Kohlendioxid aus der Atmosphäre wird der Ozean immer saurer. Das Oberflächenwasser des Ozeans ist jetzt ungewöhnlich sauer im Vergleich zu den letzten 2 Millionen Jahren.



**Grafik A • Die globale Erwärmung hat weitreichende Veränderungen im gesamten Klimasystem ausgelöst.** Die vier Hauptbestandteile des Klimasystems – die Luft, der Ozean, das Land und die Eisregionen – sind alle von weitreichenden Veränderungen betroffen.

Km = Kilometer. Grafik angepasst von IPCC AR6 Arbeitsgruppe I FAQ 2.2, Abbildung 1 in Kapitel 2.

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-2/>

## Was sind Treibhausgase?

Einige Gase in unserer Atmosphäre – wie Kohlendioxid, Methan und Lachgas – wirken wie eine Isolierdecke um die Erde. Sie erwärmen die Erde, indem sie es schwieriger machen, Wärme in den Weltraum abzugeben. Dies ist ähnlich wie eine Decke die wir um den Körper wickeln, so dass die Luft zwischen Decke und Körper sich aufwärmt und uns warm hält, oder wie die Wände eines Gewächshauses dazu beitragen, dass die Luft im Inneren wärmer ist als in der Umgebung.



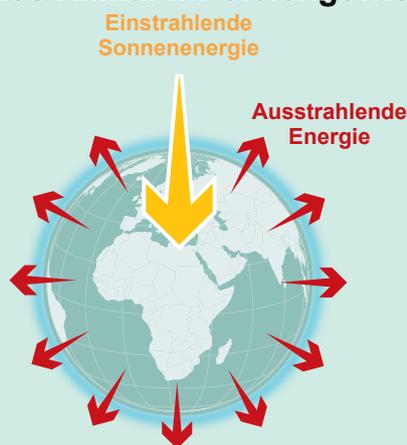
Dieser Effekt wird als Treibhauseffekt bezeichnet, und diese wärmespeichernden Gase werden als Treibhausgase bezeichnet. Der Treibhauseffekt ist ein natürlicher Prozess, der die Erde für den Menschen bewohnbar macht: Ohne den natürlichen Treibhauseffekt wäre die globale Durchschnittstemperatur etwa 33°C kälter. Seit dem 19. Jahrhundert hat die Menschheit jedoch immer mehr Treibhausgase in die Atmosphäre ausgestoßen, vor allem durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle, Öl und Gas), aber auch durch die Landwirtschaft und die Abholzung der Wälder. Diese Maßnahmen haben den Treibhauseffekt verstärkt und die globale Erwärmung verursacht.

Die überschüssige Energie wird von verschiedenen Teilen der Erde aufgenommen (Grafik B): 91% werden von den Ozeanen aufgenommen, 5% vom Land und 3% vom Eis. Nur 1% der zusätzlichen Wärme wird von der Atmosphäre absorbiert. Diese Erwärmung hat zu Veränderungen in vielen Bereichen des Klimasystems geführt.

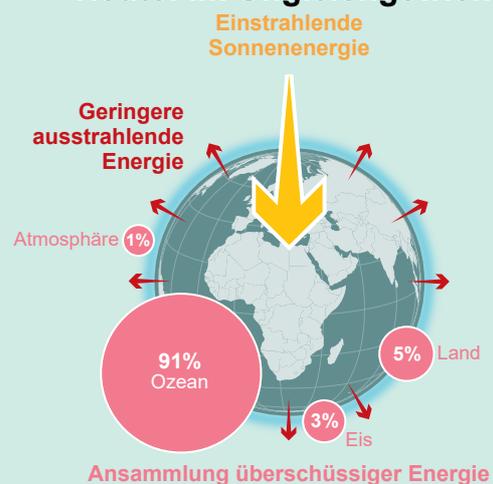
### Energiehaushalt der Erde und Klimawandel

Seit mindestens 1970 gibt es ein anhaltendes Ungleichgewicht in den Energieflüssen, das dazu führt, dass überschüssige Energie von verschiedenen Komponenten des Klimasystems aufgenommen wird.

#### Stabiles Klima: im Gleichgewicht



#### Heute: im Ungleichgewicht



**Grafik B • Der Energiehaushalt der Erde vergleicht die für das Klimasystem relevanten Ströme von ein- und ausstrahlender Energie.** Mindestens seit den 1970er Jahren strahlt weniger Energie aus als ein, was dazu führt, dass überschüssige Energie von Ozean, Land, Eis und Atmosphäre aufgenommen wird.

Grafik angepasst von IPCC AR6 Arbeitsgruppe I FAQ 7.1, Abbildung 1 in Kapitel 7.

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-7/>

## Wir sind sicher, dass der Mensch das Klima erwärmt

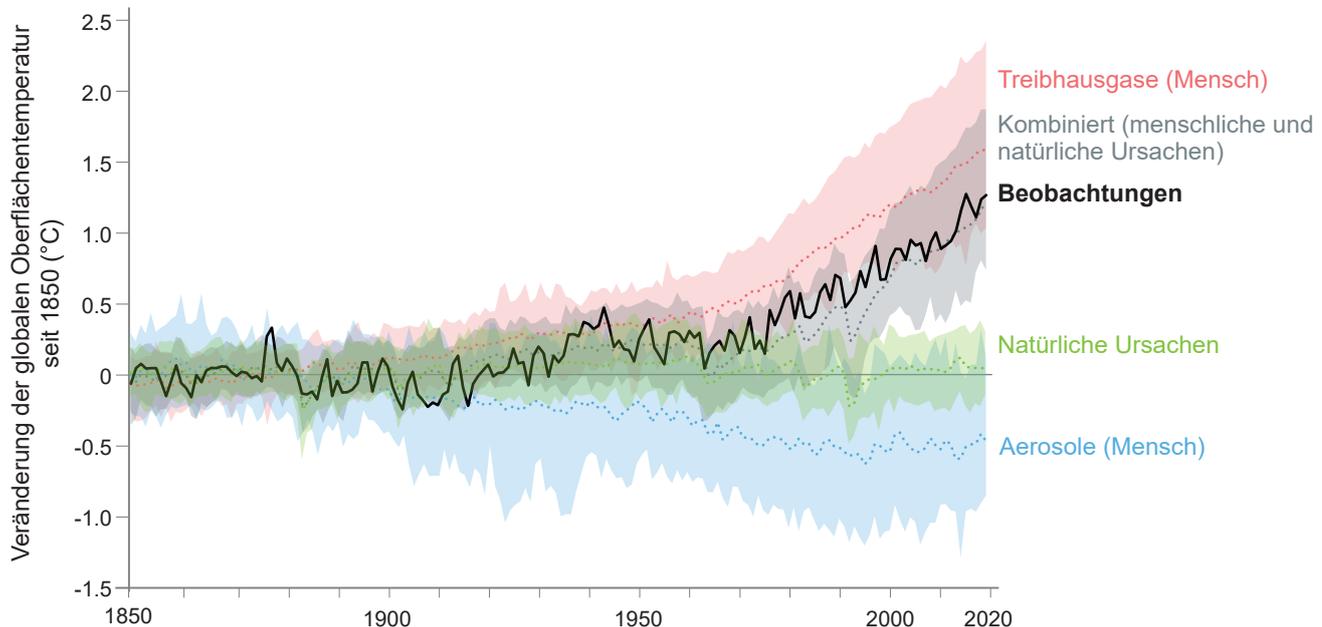
Die gesamte beobachtete Erwärmung (1,1°C) seit der vorindustriellen Zeit ist auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen. Im Prinzip hätten die vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen die Erde sogar noch stärker erwärmt, nämlich um insgesamt etwa 1,5°C, wenn ihre erwärmende Wirkung nicht teilweise durch die Emissionen von Luftschadstoffen kompensiert worden wäre. Diese so genannten Aerosole haben insgesamt eine kühlende Wirkung und kompensieren einen Teil der Erwärmung. Kohlendioxid ist das Treibhausgas, das am meisten zur Erwärmung beiträgt, gefolgt von Methan und Lachgas.



Woher wissen wir, dass die globale Erwärmung nicht auf natürliche Ursachen zurückzuführen ist? Natürliche Ursachen des Klimawandels, die sich auf kurze Zeitskalen (Jahre bis Jahrzehnte) auf die globale Temperatur auswirken, haben die globalen Temperaturen seit der vorindustriellen Ära nicht wesentlich beeinflusst. Ein großer Vulkanausbruch ist ein Beispiel für eine natürliche Schwankung, welche die globalen Temperaturen für einige Jahre abkühlen kann, aber die Temperaturen über einen längeren Zeitraum nicht verändert. Grafik C zeigt, wie Treibhausgase, Luftschadstoffe (Aerosole) und natürliche Ursachen die globalen Temperaturen seit 1850 beeinflusst haben. Nur wenn die Klimamodell-Simulationen die vom Menschen verursachten Treibhausgase einbeziehen, können sie die beobachteten Temperaturen nachbilden. Dies ist einer der Gründe, warum wir wissen, dass der Mensch für die Erwärmung des Klimas verantwortlich ist.

### Woher wissen wir, dass der Mensch den Klimawandel verursacht?

Die beobachtete Erwärmung (1850–2019) wird nur in Simulationen mit menschlichem Einfluss reproduziert.



**Grafik C • Der Mensch ist für die Erwärmung des Klimas verantwortlich.** Klimamodell-Simulationen (farbige Schattierung) können die beobachteten Veränderungen der globalen Temperatur (schwarz) nur wiedergeben, wenn sie die vom Menschen verursachten Emissionen einbeziehen. Diese Grafik zeigt, wie sich die globalen Temperaturen ändern, wenn Klimamodell Simulationen verwendet werden, die nur Treibhausgase (roter Bereich), Aerosole (Luftschadstoffe) und andere vom Menschen verursachte Faktoren (blauer Bereich), natürliche Ursachen (grüner Bereich) oder alle Ursachen (grauer Bereich) einbeziehen. **Kombiniert = natürliche Ursachen + Aerosole + Treibhausgase.** Die durchgezogenen/gestrichelten farbigen Linien zeigen den Durchschnitt aller Modelle und die Schattierung zeigt die Unsicherheitsbereiche der Simulationen.

Die Grafik wurde aus IPCC AR6 Arbeitsgruppe I FAQ 3.1, Abbildung 1 in Kapitel 3 übernommen. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-3/>

## Der vom Menschen verursachte Klimawandel führt zu häufigeren und intensiveren Extremereignissen

### Wie wirkt sich der Klimawandel auf extreme Wetterereignisse aus?



Größere Größenordnung



Erhöhte Frequenz



Neue Orte



Unterschiedliches Timing



Neue Kombinationen  
(zusammengesetzt)

### Grafik D • Der vom Menschen verursachte Klimawandel kann extreme Wetterereignisse auf vielfältige Weise beeinflussen.

Grafik angepasst von IPCC AR6 Arbeitsgruppe I FAQ 11.2, Abbildung 1 in Kapitel 11.

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-11/>

Wetter und Klimaextreme (wie Hitzewellen, Dürren und starken Regenfällen) treten heute in allen Weltregionen häufiger und intensiver auf. Jede Region erlebt unterschiedliche Arten von Extremereignissen. Seit den 1950er Jahren sind in allen bewohnten Regionen Hitzewellen häufiger und intensiver und Kälteextreme seltener und milder geworden. In vielen Regionen gab es stärkere und intensivere Niederschläge (die zu Überschwemmungen führen können). In einigen Regionen sind die Böden viel trockener geworden, was zu schwereren Dürreperioden führt, die sich negativ auf die Landwirtschaft, die Menschen und die Natur auswirken. In den Tropen haben die stärksten tropischen Wirbelstürme – auch Taifune oder Hurrikane genannt – an Intensität zugenommen. Die globale Erwärmung hat auch dazu geführt, dass einige Extreme an Orten vorkommen, an denen es sie früher nicht gab (z. B. tropische Wirbelstürme und extreme Hitzewellen).

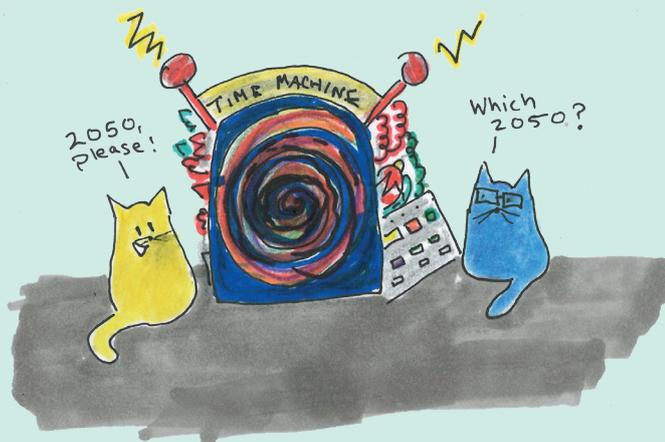
Der vom Menschen verursachte Klimawandel hat die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass mehrere extreme Wetterereignisse gleichzeitig oder kurz nacheinander auftreten; diese werden als zusammengesetzte Ereignisse bezeichnet. Zusammengesetzte Ereignisse können noch stärkere Auswirkungen auf Natur und Menschen haben, als wenn sie einzeln auftreten würden. So erhöht beispielsweise eine Dürre zusammen mit extremer Hitze das Risiko von Waldbränden, Viehsterben oder Ernteausschlägen. Bei einem höheren durchschnittlichen Meeresspiegel erhöht ein schwerer Sturm das Risiko eines gleichzeitigen extremen Meeresspiegels und starker Regenfälle und damit einer Überflutung der Küsten.



## Was sind Klimamodelle?

Klimamodelle helfen Wissenschaftlern dabei, vergangene, aktuelle und zukünftige Klimaveränderungen zu verstehen. Es handelt sich dabei um Computerprogramme, die das Klima der Erde simulieren, basierend auf den grundlegenden Gesetzen der Physik, Chemie und Biologie der Atmosphäre, des Ozeans, des Eises und des Landes. Einige Modelle enthalten mehr Prozesse, Komplexität und Details als andere. Die daraus resultierenden Klimasimulationen können daher von Modell zu Modell variieren. Aus diesem Grund prüft der IPCC stets die Ergebnisse mehrerer Klimamodelle, um zu verstehen, auf welche Erkenntnisse wir uns verlassen können.

Wissenschaftler testen Klimamodelle, indem sie ihre Ergebnisse mit Beobachtungen aus der Vergangenheit und paläoklimatischen (sehr alten) Belegen vergleichen. Wenn die Modelle die Veränderungen, die wir in der Vergangenheit auf der Erde beobachtet haben, genau simulieren, gibt uns das die Gewissheit, dass sie die wichtigsten Klimaprozesse erfassen. Die Modelle können dann verwendet werden, um herauszufinden, was diese Veränderungen in der Vergangenheit verursacht hat, und um zu untersuchen, wie sich das Klima in der Zukunft verändert, je nachdem, was wir tun.



Natürlich kann man nicht genau wissen, wie sich die vom Menschen verursachten Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen in Zukunft verändern werden. Aber Wissenschaftler können verschiedene Möglichkeiten erforschen: zum Beispiel, indem sie Zukunftsszenarien modellieren, in denen die Treibhausgasemissionen stark reduziert werden, oder alternativ Zukunftsszenarien, in denen die Treibhausgasemissionen hoch bleiben. Sie können untersuchen, wie sich diese Zukunftsszenarien unter anderem auf den Anstieg des Meeresspiegels, auf extreme Ereignisse und auf die Luftverschmutzung auswirken würden.

# Unser Klima der Zukunft

---

*Um auf die Zukunft vorbereitet zu sein, müssen wir verstehen, wie sich das Klima weiter verändern wird. Unsere Zukunft ist nicht in Stein gemeißelt: Sie wird von vielen Entscheidungen abhängen, die wir jetzt und in den kommenden Jahren treffen.*

## **Die globale Erwärmung wird mindestens bis zum Jahr 2050 weitergehen, bevor sich die Temperaturen stabilisieren können**

Klimamodelle zeigen, dass die Erwärmung selbst dann, wenn wir die Treibhausgasemissionen ab jetzt stark reduzieren, frühestens in den 2050er Jahren zum Stillstand kommen wird. Dies liegt daran, dass die menschlichen Aktivitäten, die Treibhausgasemissionen verursachen, nicht sofort gestoppt werden können; es braucht Zeit, um Maßnahmen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen umzusetzen (selbst wenn diese ehrgeizig sind). Eine starke Reduzierung der Treibhausgase, die jetzt beginnt, würde diese Erwärmung verlangsamen und reduzieren.

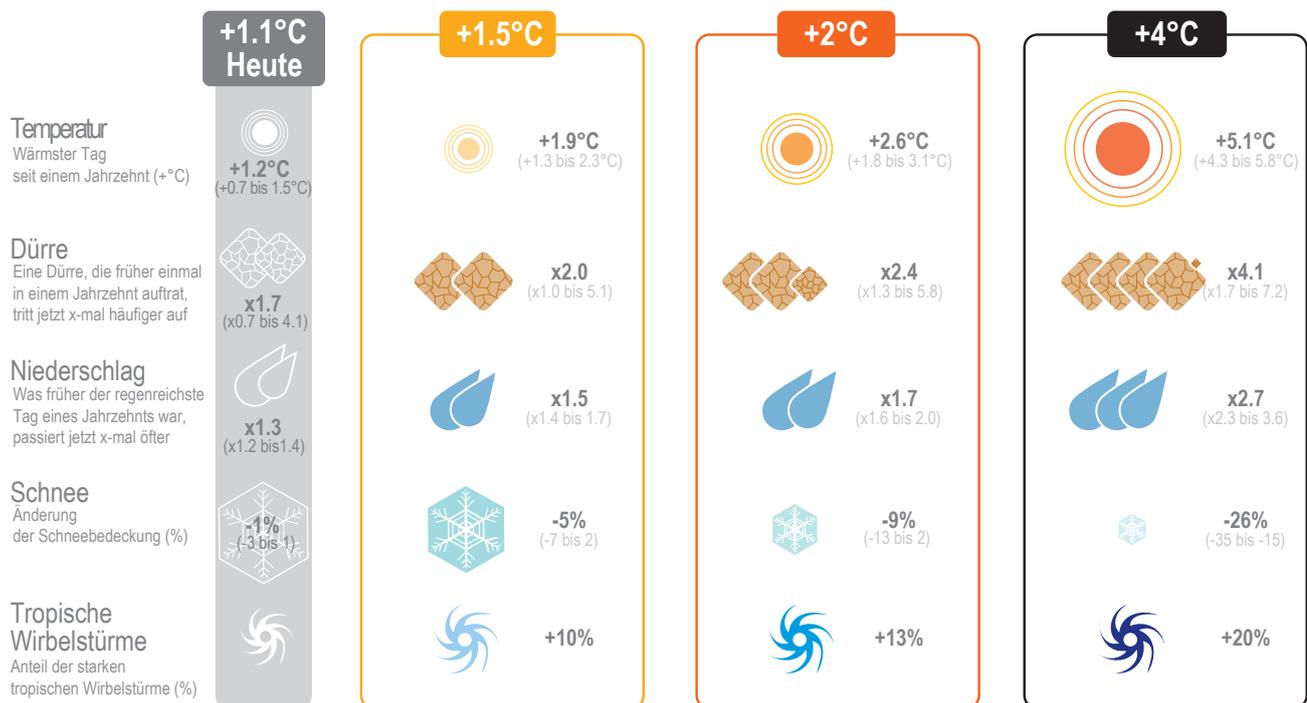
Für die Zeit nach dem Jahr 2050 zeigen die Klimamodelle sehr unterschiedliche Erwärmungsgrade, je nachdem, welche Maßnahmen wir in naher Zukunft ergreifen. Wenn wir zum Beispiel die Kohlendioxidemissionen ab jetzt und während des gesamten 21. Jahrhunderts stark und schnell reduzieren, würde die Erwärmung etwa in der Mitte des Jahrhunderts zum Stillstand kommen und in diesen Szenarien bis zum Ende des Jahrhunderts etwa 1,5°C oder 2°C erreichen. Bleiben die Emissionen dagegen gleich oder steigen sie an, werden die Temperaturen weiter ansteigen. In Klimamodellen, die sehr hohe Treibhausgasemissionen zugrunde legen, erreicht die Erwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts etwa 4,5°C. Siehe auch den Abschnitt in dieser Zusammenfassung mit dem Titel: *Die globalen Temperaturen werden sich nur stabilisieren, wenn wir aufhören, der Atmosphäre mehr Kohlendioxid zuzuführen* auf Seite 14.

Die globale Erwärmung wird im Zeitraum 2021–2040 höchstwahrscheinlich 1,5°C erreichen (wir haben bereits im letzten Jahrzehnt 1,1°C erreicht). Ohne eine rasche, starke und nachhaltige Verringerung der Treibhausgasemissionen wird es jedoch unmöglich sein, die Erwärmung auf 1,5°C oder sogar 2°C zu begrenzen.

## **Die Extreme werden sich verschärfen. Der Wasserkreislauf wird sich intensivieren und wechselhafter sein**

Viele Aspekte des Klimawandels werden mit der Erwärmung der Erde weiter zunehmen (siehe Grafik E). Hitzewellen, starke Regenfälle und Dürren werden weiterhin stärker und häufiger werden. Die Niederschläge über Land, einschließlich der Monsunregen, werden wechselhafter und intensiver werden: Einige Gebiete werden trockener, andere feuchter. Eine weitere Erwärmung wird auch das Auftauen und Schmelzen vieler gefrorener Teile der Welt, wie Schneedecken, Gletscher, gefrorene Böden und arktisches Meereis, verstärken. So wird beispielsweise geschätzt, dass der Arktische Ozean im Sommer mindestens einmal vor dem Jahr 2050 frei von Meereis sein wird. Tropische Wirbelstürme werden stärker werden. Grafik E zeigt, wie sich einige Klimaveränderungen bei einer globalen Erwärmung von 1,5°C, 2°C und 4°C verschärfen werden.

## Die Veränderungen werden mit jeder Zunahme der globalen Erwärmung größer



**Grafik E • Die Klimaveränderungen werden mit jeder Zunahme der globalen Erwärmung schwerwiegender.** Wie sich Temperaturextreme, Dürren, Starkregenereignisse, Schneedecken und tropische Wirbelstürme bei verschiedenen Stufen der globalen Erwärmung im Vergleich zum späten 19. Jahrhundert (1850–1900) ändern. Heute ist dies der Durchschnitt für den Zeitraum 2011–2020. Zum Beispiel ist der heißeste Tag eines Jahrzehnts heute bereits um 1,2°C heißer als der heißeste Tag eines Jahrzehnts vor der industriellen Revolution. Bei einer globalen Erwärmung von 1,5°C wäre der heißeste Tag eines Jahrzehnts etwa +1,9°C heißer, bei einer globalen Erwärmung von 2°C wäre er etwa +2,6°C heißer und bei einer globalen Erwärmung von 4°C wäre er etwa +5,1°C heißer.

Die Grafik wurde der Infografik TS.1 der Arbeitsgruppe I des IPCC AR6 in der technischen Zusammenfassung entnommen.

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/figures/technical-summary/ts-infographics-figure-1>

## Alle Regionen der Welt werden weitere Klimaveränderungen erfahren

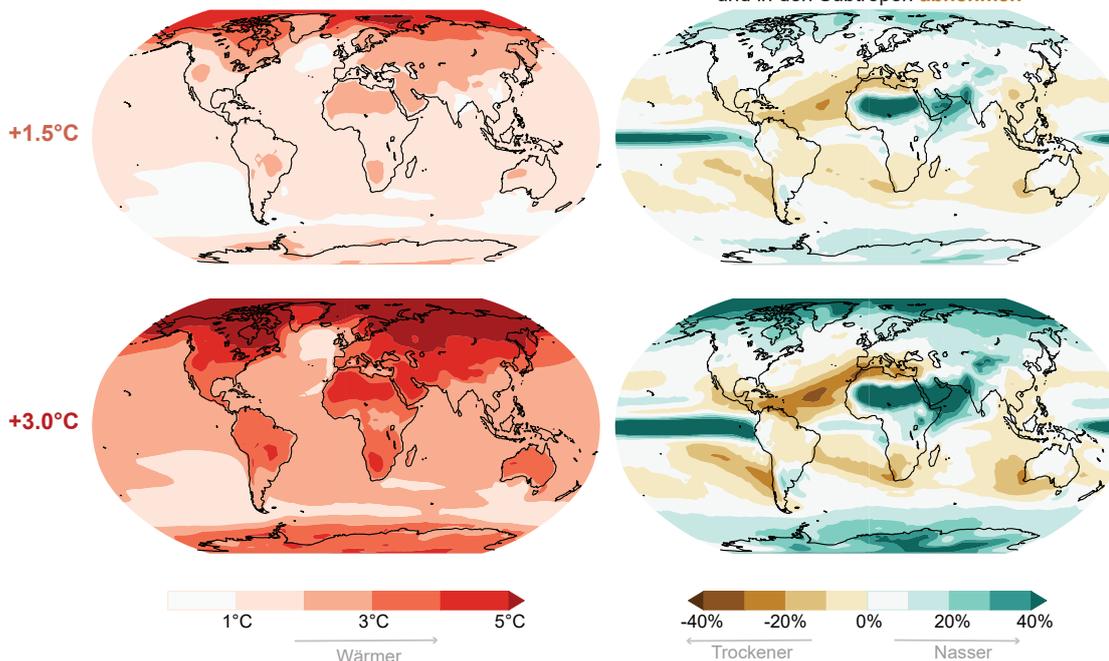
Die Erwärmung wird weiterhin rund um den Globus unterschiedlich ausfallen, wobei sie über dem Land stärker ist als über dem Meer, und in der Arktis ist sie am stärksten. Jede Region ist einzigartig und auf ihre eigene Weise vom Klimawandel betroffen. Je stärker die Erwärmung ist, desto größer und weitreichender sind die Klimaveränderungen in jeder Region. Grafik F zeigt, wie sich Temperatur und Niederschlag bei einer globalen Erwärmung von 1,5°C und 3°C verändern werden. Infolgedessen werden extreme Wetterereignisse mit größerer Wahrscheinlichkeit gemeinsam auftreten, was den Gesamteffekt verschlimmert. So können beispielsweise Hitzewellen und Dürren gleichzeitig oder kurz nacheinander auftreten. Im Interaktiven Atlas des IPCC können Sie die verschiedenen Klimaveränderungen in Ihrer Region erkunden: <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

## Klimawandel und regionale Strukturen

Der Klimawandel ist nicht einheitlich und verhältnismäßig zum Grad der globalen Erwärmung.

Die **Erwärmung** wird in der Arktis, an Land und in der nördlichen Hemisphäre **stärker** sein

Die **Niederschläge** werden in den hohen Breitengraden, den Tropen und den Monsunregionen **zunehmen** und in den Subtropen **abnehmen**



**Grafik F • In allen Regionen der Welt wird es zu weiteren Klimaveränderungen kommen, und diese Veränderungen werden je nach Standort unterschiedlich ausfallen.** Änderungen der jährlichen Durchschnittstemperaturen und Niederschläge bei einer globalen Erwärmung von 1,5°C und 3°C im Vergleich zum späten 19. Jahrhundert (1850–1900). Die Farbskalen am unteren Rand der Grafik zeigen die Größe dieser Veränderungen in Prozent an. Einige Veränderungen können prozentual gesehen relativ groß sein, auch wenn die tatsächliche Veränderung relativ gering ist. In sehr trockenen Gebieten wie der Sahara beispielsweise zeigt selbst eine geringe Zunahme des tatsächlichen Niederschlags eine relativ große prozentuale Zunahme.

Grafik angepasst von IPCC AR6 Arbeitsgruppe I FAQ 4.3, Abbildung 1. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-4/>

## Das Klima wird immer von natürlichen Schwankungen in Zeiträumen von Jahren bis Jahrzehnten beeinflusst

Es gibt natürliche Faktoren, die die globale Temperatur innerhalb relativ kurzer Zeiträume (Jahre bis Jahrzehnte, siehe Grafik C) beeinflussen. Diese normalen Klimaschwankungen, die als natürliche Variabilität bezeichnet werden, werden sich auch in Zukunft fortsetzen, so wie sie es in der Vergangenheit getan haben.

In Kombination mit den vom Menschen verursachten Klimaveränderungen können die Folgen der natürlichen Schwankungen größer oder kleiner ausfallen als erwartet. Ein Beispiel für natürliche Schwankungen ist ein Phänomen im tropischen Pazifik, die sogenannte El Niño-Southern Oscillation (ENSO). Dabei handelt es sich um ein Klimamuster, das sich alle zwei bis sieben Jahre ändert und (unter anderem) die Wahrscheinlichkeit von Waldbränden und starken Regenfällen in vielen Regionen der Welt für mehrere Monate verändern kann. In den betroffenen Regionen kann ENSO die vom Menschen verursachten Veränderungen bei Niederschlägen und Waldbränden für diesen kurzen Zeitraum ein wenig größer oder kleiner machen.

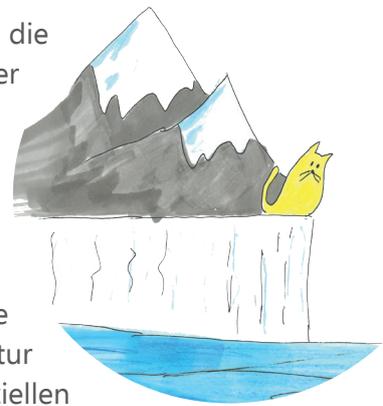
Für die lokale Bevölkerung ist es wichtig, die natürlichen Schwankungen zu berücksichtigen, wenn sie sich auf künftige, kurzfristige Klimaveränderungen vorbereiten. Es besteht immer die Möglichkeit, dass künftige Veränderungen etwas stärker (oder etwas schwächer) ausfallen als prognostiziert - aber diese natürlichen Faktoren werden nur geringe Auswirkungen auf die langfristigen Trends haben.

## Viele Veränderungen werden sich über Hunderte oder Tausende von Jahren fortsetzen.

Die Atmosphäre erwärmt sich als Reaktion auf die Treibhausgasemissionen relativ schnell, aber einige Elemente des Klimasystems reagieren sehr langsam auf eine sich erwärmende Welt. Veränderungen wie die Erwärmung der Tiefsee, das Abschmelzen der Eisschilde in Grönland und der Antarktis und der Anstieg des Meeresspiegels reagieren nur langsam auf die Erwärmung der Atmosphäre, werden sich aber über Jahrhunderte, wenn nicht Jahrtausende, fortsetzen. Diese Veränderungen werden als unumkehrbar bezeichnet, weil sie sich auch dann weiter verändern würden, wenn die Treibhausgase oder die globalen Temperaturen wieder gesenkt würden. Nehmen wir den Anstieg des Meeresspiegels als Beispiel: Selbst wenn wir die globale Erwärmung auf 1,5°C stabilisieren, würde der Meeresspiegel in den nächsten 2000 Jahren um 2 bis 3 Meter und in den nächsten 10.000 Jahren um 6 bis 7 Meter ansteigen.

## Ergebnisse mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit sind Klimaänderungen, die wir für unwahrscheinlich halten, aber nicht ausschließen können

Es gibt einige Ereignisse im Zusammenhang mit dem Klimawandel, die wir für unwahrscheinlich halten oder deren Wahrscheinlichkeit schwer einzuschätzen ist, aber wir können sie nicht völlig ausschließen. Sollten sie dennoch eintreten, wären die Folgen sehr ernst. Zu diesen Ereignissen, die als unwahrscheinlich und folgenschwer bezeichnet werden, gehören der Zusammenbruch der Eisschilde auf der Erde (was einen viel größeren und schnelleren Anstieg des Meeresspiegels zur Folge hätte) oder ein massives Waldsterben (wodurch eine große Menge Kohlendioxid in die Atmosphäre gelangen und die von der Natur abgebaute Menge verringert würde). Angesichts der enormen potenziellen Folgen ist es wichtig, dies Folgen bei der Zukunftsplanung im Auge zu behalten.



## Die Natur wird in Zukunft weniger Kohlendioxid aus der Atmosphäre entfernen als in der Vergangenheit, es sei denn, wir reduzieren unsere Emissionen

Die Landvegetation und der Ozean entfernen etwa die Hälfte des Kohlendioxids, das der Mensch in die Atmosphäre abgibt. Dieser Anteil des Kohlendioxidabbaus hat sich in den letzten 60 Jahren kaum verändert – die menschlichen Aktivitäten haben immer mehr Kohlendioxid in die Atmosphäre abgegeben, aber die Landvegetation und der Ozean haben auch mehr Kohlendioxid entfernt. Aus diesem Grund sind die Ozeane saurer geworden, denn wenn sich Kohlendioxid im Wasser löst, reagiert es und macht das Meerwasser saurer.



Klimamodelle zeigen jedoch, dass, wenn wir weiterhin immer mehr Kohlendioxid in die Atmosphäre ausstoßen, die relative Menge, die auf natürliche Weise durch die Landvegetation und die Ozeane entfernt wird, abnehmen würde. Was bedeutet das also? Unterm Strich hilft uns die Natur weniger, wenn wir mehr Kohlendioxid ausstoßen, als wenn wir unsere Emissionen reduzieren würden.

# Eindämmung des zukünftigen Klimawandels

Diese Zusammenfassung befasst sich nur mit der Begrenzung des aufkommenden Klimawandels aus physikalisch-wissenschaftlicher Sicht, da sie sich auf den IPCC-Bericht stützt, der sich mit den wissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels befasst (Arbeitsgruppe I: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>). Der IPCC-Bericht über die Anpassung (Arbeitsgruppe II: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>) beschreibt, wie sich der Klimawandel auf den Menschen und andere Arten auswirkt und welche Möglichkeiten es gibt, sich an diese Veränderungen anzupassen. Der Bericht über Emissionsreduzierungen und andere Bemühungen zur Abschwächung des Klimawandels (Arbeitsgruppe III: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>) beschreibt unsere Möglichkeiten zur Begrenzung oder Umkehrung des zukünftigen Klimawandels.

## Die globalen Temperaturen werden sich nur stabilisieren, wenn wir aufhören, der Atmosphäre mehr Kohlendioxid zuzuführen

Kohlendioxid verbleibt sehr lange in der Atmosphäre – teilweise über Jahrhunderte bis Jahrtausende. Wenn mehr Kohlendioxid in die Atmosphäre gelangt, führt dies zu einer weiteren Erwärmung (siehe Infobox: *Was sind Treibhausgase?* auf Seite 6). Um also einen weiteren Temperaturanstieg zu verhindern, müssen wir entweder alle vom Menschen verursachten Kohlendioxidemissionen stoppen oder einen Punkt erreichen, an dem alle verbleibenden Kohlendioxidemissionen durch die Aktivitäten ausgeglichen werden, die Kohlendioxid für eine sehr lange Zeit entfernen und speichern. Dies wird als Netto-Null-Emissionen von Kohlendioxid bezeichnet.

Wenn unsere künftigen Kohlendioxidemissionen sehr gering sind, aber immer noch größer als die Menge, die wir aus der Atmosphäre entfernen, dann wird sich die Welt immer noch erwärmen, wenn auch langsamer. Wenn sich jedoch Kohlendioxidemissionen und -abbau die Waage halten (d. h. Netto-Null), werden sich die globalen Temperaturen stabilisieren.

Natürlich ist Kohlendioxid nur eines der vom Menschen verursachten Treibhausgase, die die globale Erwärmung verursachen.



## Um den Klimawandel einzudämmen, müssen auch andere Treibhausgase wie Methan und Lachgas stark, schnell und nachhaltig reduziert werden

Wenn dies erreicht wird, können die globalen Temperaturen stabilisiert werden. Dies würde jedoch nicht bedeuten, dass die globalen Temperaturen wieder auf das frühere Niveau sinken. Aus diesem Grund können viele der bereits eingetretenen Klimaveränderungen nicht rückgängig gemacht, sondern nur aufgehalten, verlangsamt oder stabilisiert werden.

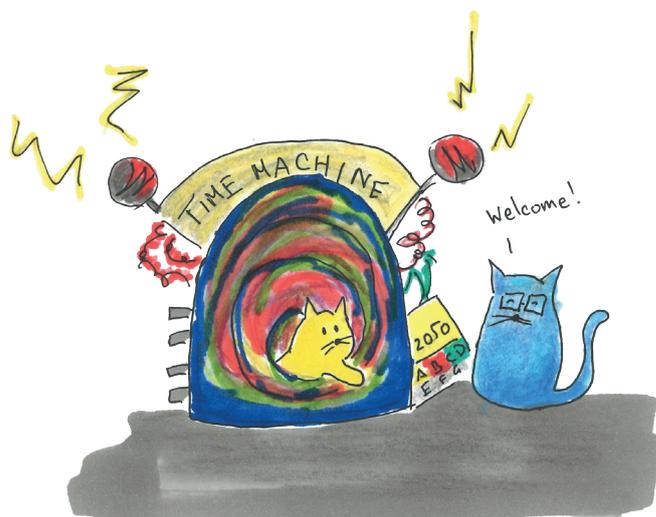
Die Menge an Kohlenstoff, die wir in die Atmosphäre freisetzen können, um die globale Erwärmung auf etwa 1,5°C zu begrenzen, ist gering im Vergleich zu dem, was wir bereits freigesetzt haben: etwa 500 GtCO<sub>2</sub> (berechnet ab 2020) im Vergleich zu den etwa 2500 GtCO<sub>2</sub>, die wir bereits ausgestoßen haben (1 Gt = 1 Gigatonne = 1 Milliarde Tonnen). Dies entspricht in etwa den derzeitigen Emissionen für nur noch wenige Jahre.

## Die Verringerung der Treibhausgasemissionen würde auch die Luftqualität verbessern

Die Luftverschmutzung führt jedes Jahr weltweit zu Millionen von vorzeitigen Todesfällen und einer Verschlechterung der Gesundheit. Klimawandel und Luftqualität sind eng miteinander verbunden, da viele der menschlichen Aktivitäten, die Treibhausgase erzeugen, auch Luftschadstoffe freisetzen. Wenn wir also Maßnahmen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen ergreifen, verringern wir häufig auch die Emissionen anderer Stoffe (wie Aerosole), die die Luftverschmutzung verursachen. Daher würden energische Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels auch die Luftqualität verbessern.

## Bei einer raschen und anhaltenden Verringerung der Treibhausgasemissionen würden wir den Effekt auf die globale Temperatur in 20 Jahren deutlich sehen

Eine sofortige und nachhaltige Verringerung der Treibhausgasemissionen würde die globale Erwärmung innerhalb eines Jahrzehnts verlangsamen, aber es könnte etwa zwanzig Jahre dauern, bis sich die Temperaturen deutlich stabilisieren. Diese Verlangsamung der Erwärmung würde zunächst durch natürliche Schwankungen überdeckt werden (siehe Abschnitt: *Der Klimawandel wird immer durch natürliche Schwankungen in Zeiträumen von Jahren bis Jahrzehnten beeinflusst werden*, Seite 12). Und je länger wir mit dem Ergreifen von Maßnahmen warten, desto länger wird es dauern, bis wir die Vorteile dieser Maßnahmen sehen.



## Zu dieser Zusammenfassung

Die Zwischenstaatliche Sachverständigengruppe für Klimaänderungen (IPCC) ist ein Gremium der Vereinten Nationen, das wissenschaftliche Berichte über unser derzeitiges Verständnis des Klimawandels erstellt. Er umfasst drei Hauptarbeitsgruppen, die sich mit verschiedenen Themen des Klimawandels befassen: Arbeitsgruppe I befasst sich mit den physikalischen Klimaveränderungen, Arbeitsgruppe II mit den Auswirkungen dieser Veränderungen auf Menschen und Ökosysteme, sowie mit der Frage, wie wir uns an das sich verändernde Klima anpassen können, und Arbeitsgruppe III mit der Frage, wie der Klimawandel verringert oder gestoppt werden kann (Mitigation). Die Arbeitsgruppen veröffentlichen ihre Berichte zum Klimawandel etwa alle 8 Jahre. Der IPCC führt keine eigenen Forschungen durch, sondern stützt sich bei seinen Berichten auf die veröffentlichten wissenschaftlichen Erkenntnisse (wissenschaftliche Literatur, Datensätze usw.).

Dieses Dokument ist eine leicht verständliche Zusammenfassung des im August 2021 veröffentlichten Berichts der IPCC-Arbeitsgruppe I zum Klimawandel. Sie wurde von Mitgliedern der technischen Unterstützungseinheit der Arbeitsgruppe I (WGI TSU) und mehreren Autoren des Berichts verfasst. Darüber hinaus haben viele Freiwillige während der Erstellung des Berichts Rückmeldungen und Hinweise gegeben. Der Bericht hat nicht den gleichen Genehmigungsprozess durchlaufen wie die offiziellen IPCC-Dokumente, z. B. die Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung.

Diese Zusammenfassung wurde verfasst und geprüft von: Sarah Connors (WGI TSU), Sophie Berger (WGI TSU), Clotilde Péan (WGI TSU), Govindasamy Bala (Verfasser von Kapitel 4), Nada Caud (WGI TSU), Deliang Chen (Verfasser von Kapitel 1), Tamsin Edwards (Verfasser von Kapitel 9), Sandro Fuzzi (Verfasser von Kapitel 6), Thian Yew Gan (Verfasser von Kapitel 8), Melissa Gomis (WGI TSU), Ed Hawkins (Verfasser von Kapitel 1), Richard Jones (Verfasser des Atlas-Kapitels), Robert Kopp (Verfasser von Kapitel 9), Katherine Leitzell (WGI TSU), Elisabeth Lonnoy (WGI TSU), Douglas Maraun (Verfasser von Kapitel 10), Valérie Masson-Delmotte (WGI Co-Vorsitzende), Tom Maycock (WGI TSU), Anna Pirani (WGI TSU), Roshanka Ranasinghe (Verfasserin von Kapitel 12), Joeri Rogelj (Verfasser von Kapitel 5), Alex C. Ruane (Autor von Kapitel 12), Sophie Szopa (Autorin von Kapitel 6) und Panmao Zhai (WGI Co-Vorsitzende).

Vielen Dank an unsere externen Mitarbeiter für ihre Kommentare zu diesem Dokument: Dorsaf ben Saad (Universitätsstudent), Felix Franck (Dolmetscher), Giulia Gennari (Programmassistentin), Jonathan Gregory (Autor von Kapitel 13 des Fünften Bewertungsberichts der WGI), Suzie Marshall (Universitätsstudentin), Ellen Pym (Vertriebs- und Marketingpartnerin), Max Paoli (Programmkoordinator), Kavya Pathak (Schülerin), Alexandrine Péan (Studentin), Eleanor Pearce (TV Promotions Executive), Nicolle Pinson (Übersetzerin im Ruhestand), Cyrus Robert Perry Tignor (Schüler) und Jessica Vial (Klimapädagogin).

Die Grafiken wurden von Nigel Hawtin (Informationsdesigner) erstellt.

Die Cartoons wurden von Katherine Leitzell (WGI TSU) gezeichnet.

Das Titelbild wurde von Sarah Connors (WGI TSU) gemalt.

Die Vorlage und das Layout wurden von Clotilde Péan (WGI TSU) erstellt.

*IPCC-Grafiken unterliegen dem Urheberrecht des IPCC. Cartoons und Titelbilder können unter CC-BY-NC-Lizenz weitergegeben werden.*

Vielen Dank an Karina von Schuckmann (Mercator Ocean international, France), Friederike Otto (Imperial College London, UK), Vincent Moeller (Freie Hansestadt Bremen, Deutschland) und Erich Fischer (ETH Zürich, Schweiz) für die deutsche Übersetzung dieses Dokuments.

*Diese Übersetzung liegt in der Verantwortung der jeweiligen Autoren und ist keine offizielle IPCC-Übersetzung.*

Vielen Dank an alle, die zu dieser Zusammenfassung beigetragen haben.



