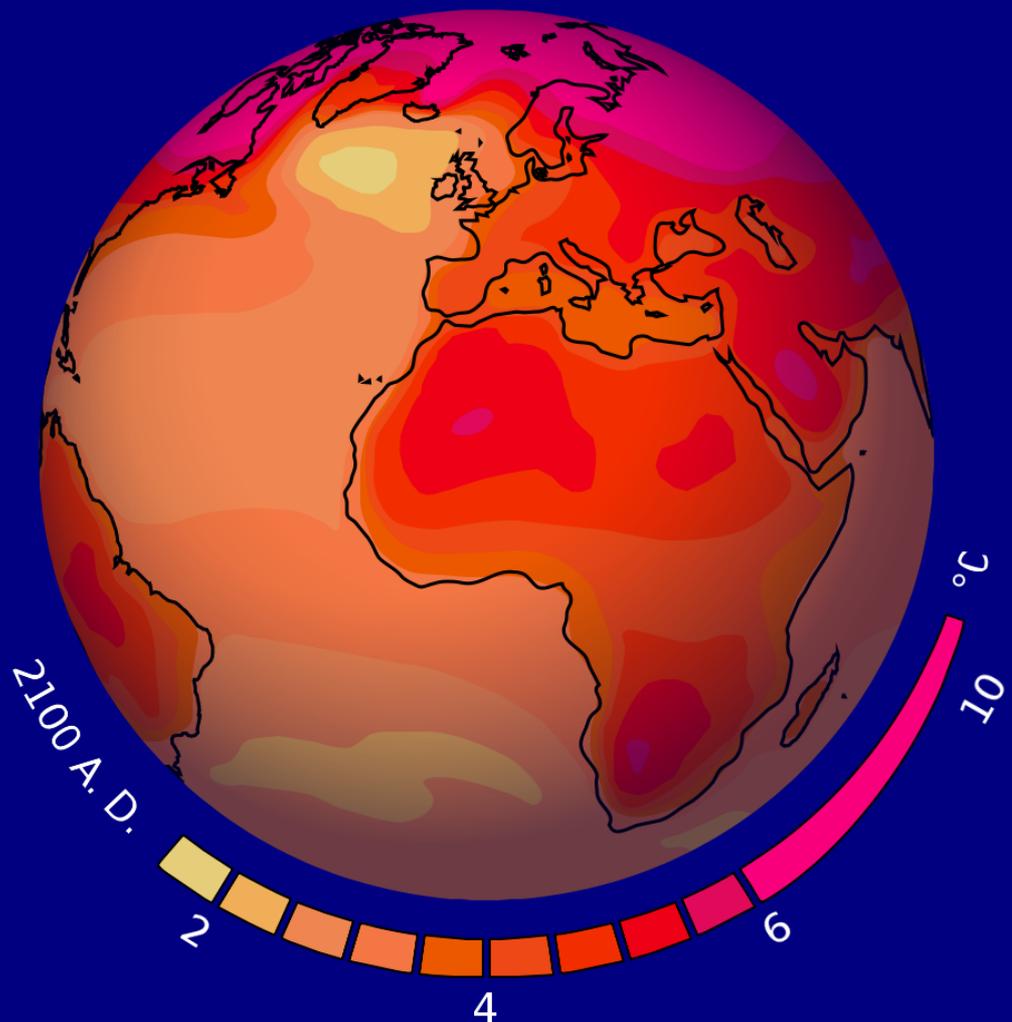


Der Klimawandel

Real • Belegt • Bedrohlich • Menschengemacht



Teilt dieses Dokument mit Freunden

Siehe Nutzungsrechte

Der Klimawandel ist **real**. Viele Menschen auf der ganzen Welt verspüren seine Auswirkungen. Die Ursachen und das Ausmaß des Klimawandels sind wissenschaftlich **belegt**. Der Klimawandel ist in vielerlei Hinsicht **bedrohlich**. Doch dieser Klimawandel ist **menschengemacht** und ein gezieltes und entschlossenes Handeln kann den Klimawandel entscheidend mindern.

Die folgenden wissenschaftlichen **Ergebnisse (E)** sollen das nötige Bewusstsein zur gezielten und entscheidenden Minderung des Klimawandels schaffen:

E-1 Dieser Klimawandel ist menschengemacht

E-2 Den größten Beitrag am Klimawandel bewirkt der CO₂-Ausstoß

E-3 Die Temperatur steigt mit dem CO₂-Gehalt in der Atmosphäre

E-4 Die Temperatur kann sich erst stabilisieren, wenn kein CO₂ aus fossilen Brennstoffen mehr freigesetzt wird

E-5 Das in der Atmosphäre befindliche CO₂ baut sich nicht von alleine ab

E-6 Es gibt derzeit keine Möglichkeiten, den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre künstlich zu stabilisieren

E-7 Wenn der globale Ausstoß von Treibhausgasen weiterhin so ansteigt, dann ist die Lebensgrundlage des Menschen in diesem Jahrhundert gefährdet

Zu jeder aufgeführten Aussage wird auf Belege verwiesen. Ist der Beleg nicht stichhaltig, kann das Ergebnis neu diskutiert werden. Für diese Art der Klimadiskussion wird eine **Diskussionsgrundlage (D)** empfohlen.

Es werden **Vergleiche (V)** hergestellt, damit wir unser Verhalten in einen Zusammenhang mit dem Klimawandel bringen können und erkennen, was diesen Klimawandel besonders macht:

D Eine gemeinsame Diskussionsgrundlage

V-1 So setzen wir CO₂ frei

V-2 Dieser Klimawandel ist besonders

Weitere Belege befinden sich im **Anhang - Ausführungen und Hintergründe (AN)**.

Begriffserklärungen und Abkürzungen sind im **Glossar** aufgeführt. Auf Quellen wird in eckigen Klammern [] verwiesen, und im Abschnitt **Quellenangaben** werden diese vollständig benannt.

D Eine gemeinsame Diskussionsgrundlage

Der IPCC stellt die internationale Plattform für das Sammeln, Auswerten, Beurteilen und Prüfen von weltweiten Klimadaten dar. Er erstellt Berichte zum Klimawandel und gibt Empfehlungen.

Die naturwissenschaftlichen Grundlagen zum Klimawandel werden in den Sachstandsberichten der Arbeitsgruppe I abgebildet. Alle Aussagen werden anhand von Messungen und Modellen begründet und können durch eine detaillierte Beschreibung nachvollzogen werden. Die Folgen und die Minderung des Klimawandels werden von Arbeitsgruppe II und III behandelt. (Siehe AN-1)

E-1 Dieser Klimawandel ist menschengemacht

„Eine der bedeutenderen Aussagen ist, dass die Wissenschaft nun mit 95-prozentiger Sicherheit zeigt, dass der menschliche Einfluss die Hauptursache der beobachteten Erwärmung seit Mitte des 20. Jahrhunderts ist.“[1, Vorwort Abs. 1](Siehe auch AN-4 und AN-5)

Die globale Erwärmung beträgt seit der industriellen Revolution bis zum Jahr 2012 0,85 °C (siehe auch AN-2, AN-3).

E-2 Den größten Beitrag am Klimawandel bewirkt der CO₂-Ausstoß

„Der größte Beitrag zum gesamten Strahlungsantrieb wurde durch den Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration seit 1750 verursacht (siehe Abbildung SPM.5). {3.2, Box 3.1, 8.3, 8.5}“[1, WGI-11, Zusammenfassung Satz 2] (Siehe auch AN-4 und AN-5 oder [7, WGIII-5 Abbildung SPM.1])

E-3 Die Temperatur steigt mit dem CO₂-Gehalt in der Atmosphäre

Der menschengemachte CO₂-Ausstoß steht in einem ungefähren linearen Zusammenhang mit der historischen und zukünftigen Erwärmung (siehe AN-8).

E-4 Die Temperatur kann sich erst stabilisieren, wenn kein CO₂ aus fossilen Brennstoffen mehr freigesetzt wird

„Um unter dem 2-Grad-Ziel zu bleiben, muss [...] der menschenverursachte Ausstoß an Kohlendioxid bis 2050 auf 50 Prozent des aktuellen Niveaus fallen, danach auf null.“[2, S. 154]

Das heißt, dass ab 2050 Brennstoffe aus fossiler Energie wie Benzin, Diesel, Kerosin, Öl, Kohle und Gas nicht mehr verbrannt werden können, wenn sie den netto CO₂-Ausstoß erhöhen.

(Siehe auch RCP2.6-Graph in Abb-4 beziehungsweise [1, WGI-26 SPM.10] und AN-10)

E-5 Das in der Atmosphäre befindliche CO₂ baut sich nicht von alleine ab

Abgesehen davon, dass ein großer Teil des CO₂ hauptsächlich durch den Ozean absorbiert wird, bleibt der nicht absorbierte Teil für viele Jahrhunderte in der Atmosphäre bestehen (siehe AN-7).

„Die meisten Aspekte des Klimawandels werden für viele Jahrhunderte bestehen bleiben, auch wenn die Emissionen von Treibhausgasen gestoppt werden.“[1, WGI-26 Zusammenfassung Satz 2]

„Abhängig vom Szenario werden ca. 15 bis 40% des emittierten CO₂ länger als 1000 Jahre in der Atmosphäre verbleiben.“[1, WGI-27 Abs. 3 letzter Satz]

E-6 Es gibt derzeit keine Möglichkeiten, den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre künstlich zu stabilisieren

Durch Entnahme von Treibhausgasen oder Strahlungsmanagement der Sonne könnte die Temperatur künstlich stabilisiert werden. Momentan sind die Erkenntnisse in diesen Bereichen so gering, dass über das Kompensationsmaß keine Aussage gemacht werden kann. (Siehe AN-13)

E-7 Wenn der globale Ausstoß von Treibhausgasen weiterhin so ansteigt, dann ist die Lebensgrundlage des Menschen in diesem Jahrhundert gefährdet

Der Klimawandel macht sich durch Wetterextreme und erhöhte Temperaturen bemerkbar. Diese bedrohen unsere Ernährungssicherheit und Wasserversorgung sowie unsere Gesundheit. Ohne eine gesicherte Lebensgrundlage sind unser Einkommen, die menschliche Sicherheit und unsere Gesellschaft gefährdet (siehe AN-18)

Unser derzeitiges Verhalten bewirkt bis zum Ende des Jahrhunderts einen Temperaturanstieg von 4 °C (siehe AN-10).

Ein Temperaturanstieg in dieser Größenordnung beeinflusst unsere Lebensgrundlage so stark, dass für die gesamte Menschheit Ernährung, Sicherheit und Wirtschaft stark bedroht sind (siehe AN-18).

In der Klimarahmenkonvention der UNFCCC wird das 2- und 1,5-Grad-Ziel formuliert [10, Artikel 2][11, Artikel 2 Abs. 1.a]. Diese Ziele werden durch den derzeitigen CO₂-Ausstoß in jeweils 26 beziehungsweise 8 Jahren verfehlt [3].

V-1 So setzen wir CO₂ frei

Wir setzen momentan 11,5 Gigatonnen Kohlenstoff (1 GtC = 1000x1000x1000 t Kohlenstoff) pro Jahr frei (siehe AN-11). (Siehe auch [7, WGIII-5 Abbildung SPM.1] und [7, WGIII-5 Abbildung SPM.3])

Die CO₂-Uhr stand Anfang Januar 2020 auf:

2-Grad-Ziel	25 Jahre	9 Monate	
1,5-Grad-Ziel	7 Jahre	11 Monate	(siehe auch AN-11).

In Deutschland stoßen wir durchschnittlich 11,6 t CO₂-Äquivalente pro Jahr und Person aus; 1 t CO₂-Äquivalente pro Jahr und Person wird als Nachhaltigkeitsziel genannt (siehe AN-12).

Einzelne Ausstoßquellen und Minderungsmöglichkeiten werden unter AN-12 aufgeführt.

V-2 Dieser Klimawandel ist besonders

Es hat schon immer starke Veränderungen im Klimasystem gegeben (siehe AN-15 und AN-16).

In den letzten 800.000 Jahren stieg die Temperatur immer mit dem CO₂-Gehalt in unserer Atmosphäre, bloß dass jetzt der Anstieg hundertmal schneller vorstattengeht (siehe AN-14).

Appell:

Wir leben in einem goldenen Zeitalter. Noch nie zuvor stand uns so viel Energie, Technik und Wissen zur Verfügung.

Wir haben die technischen Voraussetzungen, unseren Energiebedarf zu 100 % aus erneuerbaren Energien zu beziehen.

Ein klimafreundliches Leben mindert den Klimawandel.

Eine Umstellung auf erneuerbare Energien hilft ohne Verzicht, den Klimawandel zu stoppen.

Investitionen in die Energiewende oder nachhaltige effizientere Geräte sind Investitionen in die Zukunft - für mehr Wohlstand und Sicherheit.

Der Klimawandel ist real - nicht zur Reduzierung von Treibhausgasen beizutragen, gefährdet unser Leben und das unserer Kinder.

Welche rechtzeitigen Maßnahmen uns nachhaltig vor den gefährlichen Auswirkungen des Klimawandels schützen, wird im nächsten Teil „Maßnahmen [...] für ein klimaneutrales Leben in Deutschland“ beschrieben unter:

www.klimawandelquiz.de

Handeln ist dringend geboten.

(Siehe auch AN-19)

Anhang - Ausführungen und Hintergründe

In diesem Abschnitt werden Kommentare oder Angaben ohne expliziten Beleg in *kursiver Schrift* dargestellt und **blau markierter Text** weist auf Einträge im Glossar hin.

AN-1 Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)

„Seit er 1988 als zwischenstaatliches Gremium gemeinsam von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) gegründet wurde, stellt der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) politischen Entscheidungsträgern wissenschaftliche und technische Gutachten zur Verfügung, die in Zuverlässigkeit und Objektivität unübertroffen sind. Seit Beginn der Veröffentlichungen im Jahr 1990 sind die Sachstandsberichte, Sonderberichte, technischen Abhandlungen, Methodikberichte und andere Produkte des IPCC zu Standardnachschlagewerken geworden.“[1, Vorwort]

Der Beitrag von Arbeitsgruppe I zum fünften Sachstandsbericht ist vermutlich bis zu seiner Veröffentlichung 2013 das am eingehendsten geprüfte wissenschaftliche Dokument der Geschichte.[nach 2, S. 132]

„Der Bericht wurde von 209 Wissenschaftlern erstellt, die weltweit als Kapazitäten in ihrem Fach gelten.

Sie wurden von mehr als 600 »beitragenden Autoren« aus zweiunddreißig Ländern unterstützt und von fünfzig »Review Editors« aus neununddreißig Ländern.

Von mehreren zehntausend Publikationen, die dabei geprüft wurden, wurden 9200 zitiert.

Die Autoren dieser Publikationen standen Rede und Antwort zu 54677 Kommentaren von 1089 Prüfern weltweit. Der Schlusstext wurde von den Vertretern von 195 Regierungen verabschiedet.

Der Technische Bericht von Arbeitsgruppe I umfasst 1535 Seiten und wiegt 4,25 Kilogramm.“[2, S. 133]

AN-2 Das Klimasystem hat sich erwärmt

(Klimasystem, Landoberflächentemperatur, Ozeanoberflächentemperatur)

„Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig, und viele der seit den 1950er Jahren beobachteten Veränderungen waren vorher über Jahrzehnte bis Jahrtausende nie aufgetreten. Die Atmosphäre und der Ozean haben sich erwärmt, die Schnee- und Eismengen sind zurückgegangen, der Meeresspiegel ist angestiegen und die Konzentrationen der Treibhausgase haben zugenommen (siehe Abbildungen SPM.1, SPM.2, SPM.3 und SPM.4).“[1, WGI-2 B.]

„Die global gemittelten kombinierten Land- und Ozean-Oberflächentemperaturdaten zeigen, berechnet als linearer Trend, eine Erwärmung von 0,85 [0,65 bis 1,06] °C³ über den Zeitraum 1880 bis 2012, für den mehrere unabhängig erstellte Datensätze vorliegen. Der gesamte Anstieg zwischen dem Mittel der Periode 1850–1900 und der Periode 2003–2012 ist 0,78 [0,72 bis 0,85] °C, basierend auf dem längsten verfügbaren Datensatz⁴ (siehe Abbildung SPM.1). {2.4}“[1, WGI-3 B. 1]

AN-3 Das Klimasystem erwärmt sich unterschiedlich

(Oberflächentemperatur)

Die Oberflächentemperatur der Ozeane erwärmt sich langsamer als die an Land. Abgeschmolzene Eisschilde oder Schneedecken verstärken den Temperaturanstieg aufgrund ihrer reflektierenden Eigenschaften und den absorbierenden Eigenschaften der darunter liegenden Böden oder Wasserschichten.

So hat sich zwischen 1901 bis 2012 die mittlere globale Erhöhung der Oberflächentemperatur von ca. 0,85 °C [1, WGI-4 SPM.1 (a)] in unterschiedlichem Maße auf der Erde verteilt. Während in vielen Regionen an Land die mittlere Oberflächentemperaturänderung über 2 °C beträgt, ist dies über dem Ozean nur vereinzelt der Fall. Eine detaillierte Darstellung der beobachteten Oberflächentemperaturänderung nach Regionen findet sich in [1, WGI-4 SPM.1 (b)].

AN-4 Die globale Erwärmung hat verschiedene Ursachen

(Anthropogen, Energiebilanz, Klimawandel, Strahlungsantrieb, CO₂, CH₄, O₃, N₂O, Aerosole, Albedo)
„Natürliche und anthropogene Stoffe und Prozesse, welche die Energiebilanz der Erde verändern, sind Treiber des Klimawandels.“ [1, WGI-11 C. Satz 1]

Der Strahlungsantrieb bemisst, wie stark sich die Treiber des Klimawandels bezogen auf 1750 verändert haben. Ebenso ermöglicht der Strahlungsantrieb, die unterschiedlichen Treiber bezüglich ihres Treibhauseffekts zu vergleichen.

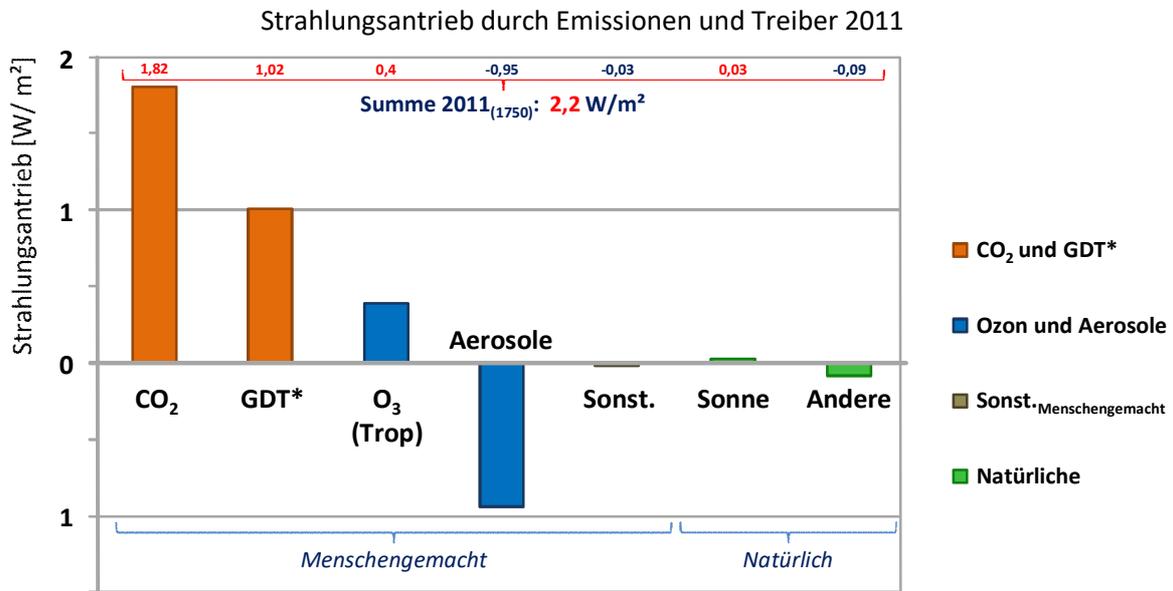


Abb-1: Strahlungsantrieb im Jahr 2011 bezogen auf 1750. Der gesamte Strahlungsantrieb wird durch die Summe der angegebenen Komponenten errechnet. GDT* sind die gut durchmischten Treibhausgase ohne CO₂ und O₃, wobei CH₄, N₂O und die Halogenkohlenwasserstoffe den größten Anteil bilden. Unter Sonst.-Menschengemacht werden stratosphärisches H₂O (-0,073 W/m²), Kondensstreifen der Luftfahrt (~0,01 W/m²), Ruß (0,04 W/m²) und Albedo durch Landnutzungsänderungen (-0,15 W/m²) berücksichtigt. Andere natürliche sind Vulkane (-0,125 W/m²) und Zirruswolken (~0,04 W/m²). [18, Annex II Table All.1.2, S. 1409]

Eine detaillierte Abbildung des Strahlungsantriebs nach Treibhausgasen, Aerosolen, resultierenden Stoffen und Gliederung nach Prozessen mit den jeweiligen Toleranzen und dem Vertrauensniveau findet sich in [1, WGI-12 Abbildung SPM.5].

Den größten Anteil zum Strahlungsantrieb liefert der menschengemachte CO₂-Ausstoß. Dieser hat sich 2011 bezogen auf das Jahr 1750 um 1,82 W/m² erhöht.

AN-5 In welchem Maß ist der Klimawandel menschengemacht

(Anthropogen, RF: Radiative forcing (Strahlungsantrieb), Stratosphäre, Aerosole)

Der Mensch ist Hauptverursacher des Klimawandels, und natürliche Prozesse spielen nur eine geringe Rolle (für den Strahlungsantrieb Faktor₂₀₁₁ 2,3 zu -0,1 oder zur Sonne von 0,03 siehe auch Abb-1 und Abb-2):

„Der gesamte anthropogene RF für 2011 bezogen auf 1750 beträgt 2,29 [1,13 bis 3,33] W/m² (siehe Abbildung SPM.5)[...].“ [1, WGI-11 Abs. 1 nach Zusammenfassung]

„Der gesamte natürliche RF von Veränderungen der Sonneneinstrahlung und stratosphärischen vulkanischen Aerosolen trugen nur wenig zum Netto-Strahlungsantrieb im letzten Jahrhundert bei, mit Ausnahme von kurzen Perioden nach großen Vulkanausbrüchen. {8.5}“ [1, WGI-12, Abs. 4]

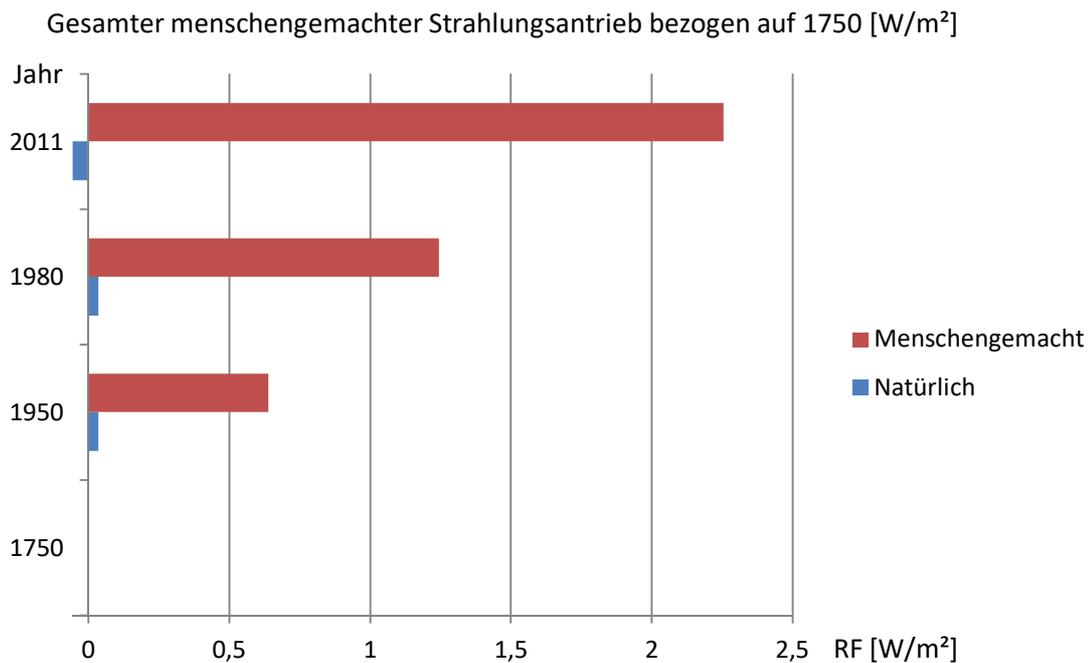


Abb-2: Gesamter menschengemachter Strahlungsantrieb der Jahre 2011, 1980 und 1950 bezogen auf 1750 im Vergleich zum natürlichen Strahlungsantrieb durch die Sonne, Vulkanismus und Zirruswolken. [18, Annex II Table All.1.2, S. 1404 bis 1409]

Eine ähnliche Abbildung mit Toleranzen und Vertrauensniveau findet sich in [1, WGI-12 Abbildung SPM.5].

AN-6 Der Anstieg von Treibhausgasen

(Lachgas, GtC, ppm, CH₄, N₂O, Gt CO₂Äq)

„Die atmosphärischen Konzentrationen von Kohlendioxid, Methan und Lachgas sind auf Werte angestiegen, die seit mindestens den letzten 800 000 Jahren noch nie vorgekommen sind. Die Kohlendioxidkonzentrationen sind seit der vorindustriellen Zeit um 40% angestiegen, primär durch die Emissionen aus fossilen Brennstoffen und sekundär durch Netto-Emissionen aufgrund von Landnutzungsänderungen.“[1, WGI-9 Zusammenfassung Satz 1 und 2]

„Die jährlichen CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe und der Zementproduktion betragen [...] im Jahr 2011 9,5 [8,7 bis 10,3] GtC pro Jahr [...].“[1, WGI-10 Abs. 2 Satz 1]

Der Gesamtbetrag des menschengemachten CO₂-Ausstoßes von 1750 bis 2011 wird auf 555 GtC geschätzt (siehe [1], WGI-10 Abs. 3).

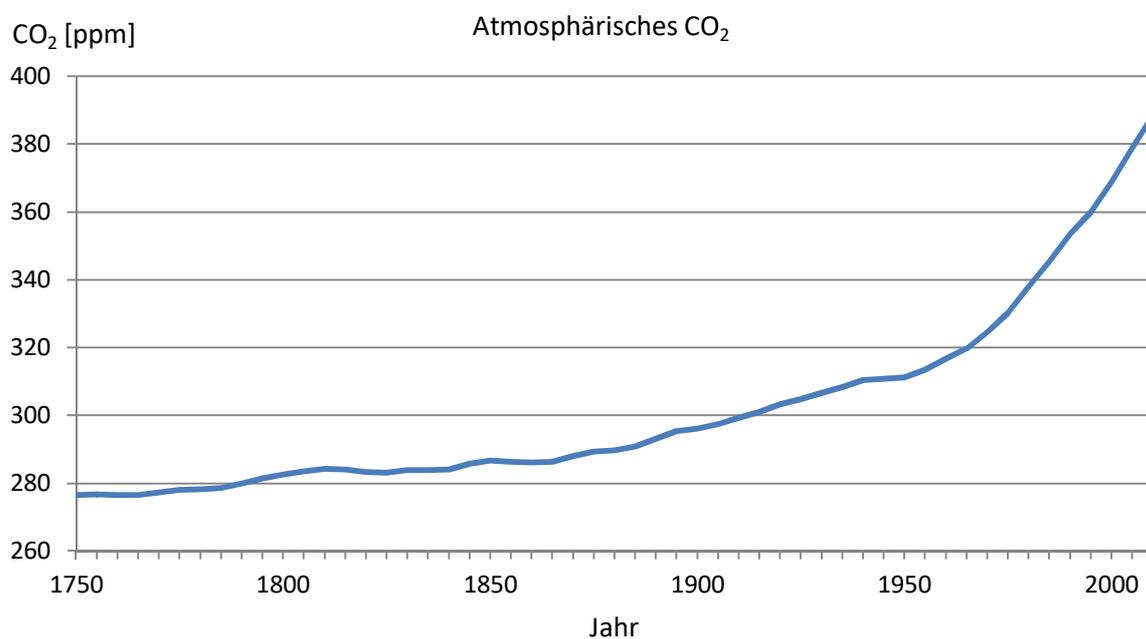


Abb-3: Historischer CO₂-Gehalt in ppm bezogen auf jährliche Durchschnittswerte. [18, Annex II Table All.1.1a, S. 1401 bis 1402]

Eine Abbildung der atmosphärischen CO₂-Konzentration mit jahreszeitlichen Schwankungen findet sich in [1, WGI-10 Abbildung SPM.4].

Die Zunahme des gesamten menschengemachten Treibhausgasausstoßes (insbesondere von CO₂, CH₄, N₂O und F-Gasen) mit Mengen in Gt CO₂Äq pro Jahr findet sich in [7, WGIII-5 Abbildung SPM.1].

Angaben zur Klimaschädlichkeit der unterschiedlichen Treibhausgase und deren Beständigkeit in der Atmosphäre finden sich in [18, Appendix 8.A, S.731 bis 737]. So ist beispielsweise Methan ein 26,5-mal klimaschädlicheres Treibhausgas als CO₂, welches allerdings bereits durchschnittlich in wenigen Jahren (*ca. neun*) durch Oxidation abgebaut wird.

Ein Diagramm des Treibhausgasausstoßes nach Wirtschaftssektoren findet sich in [7, WGIII-5 Abbildung SPM.3].

**AN-7 Nicht alles ausgestoßene CO₂ verbleibt in der Atmosphäre
(Anthropogen, GtC)**

Die unter AN-6 beschriebenen 555 GtC haben sich folgendermaßen verteilt:

„Von diesen kumulativen anthropogenen CO₂-Emissionen haben sich in der Atmosphäre 240 [230 bis 250] GtC angesammelt, 155 [125 bis 185] GtC wurden vom Ozean aufgenommen und 160 [70 bis 250] GtC wurden in natürlichen Landökosystemen gespeichert (d. h. kumulative restliche Landsenke). {Abbildung TS.4, 3.8, 6.3}“ [1, WGI-10 Abs. 4]

AN-8 Der menschengemachte CO₂-Ausstoß steht im Zusammenhang mit der historischen und zukünftigen Erwärmung

(RCP, GtC, RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5)

„Kumulative CO₂-Emissionen und die Reaktion der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur stehen ungefähr in linearem Zusammenhang (siehe Abbildung SPM.10).“ [1, WGI-26 Abs. 1 nach Zusammenfassung]

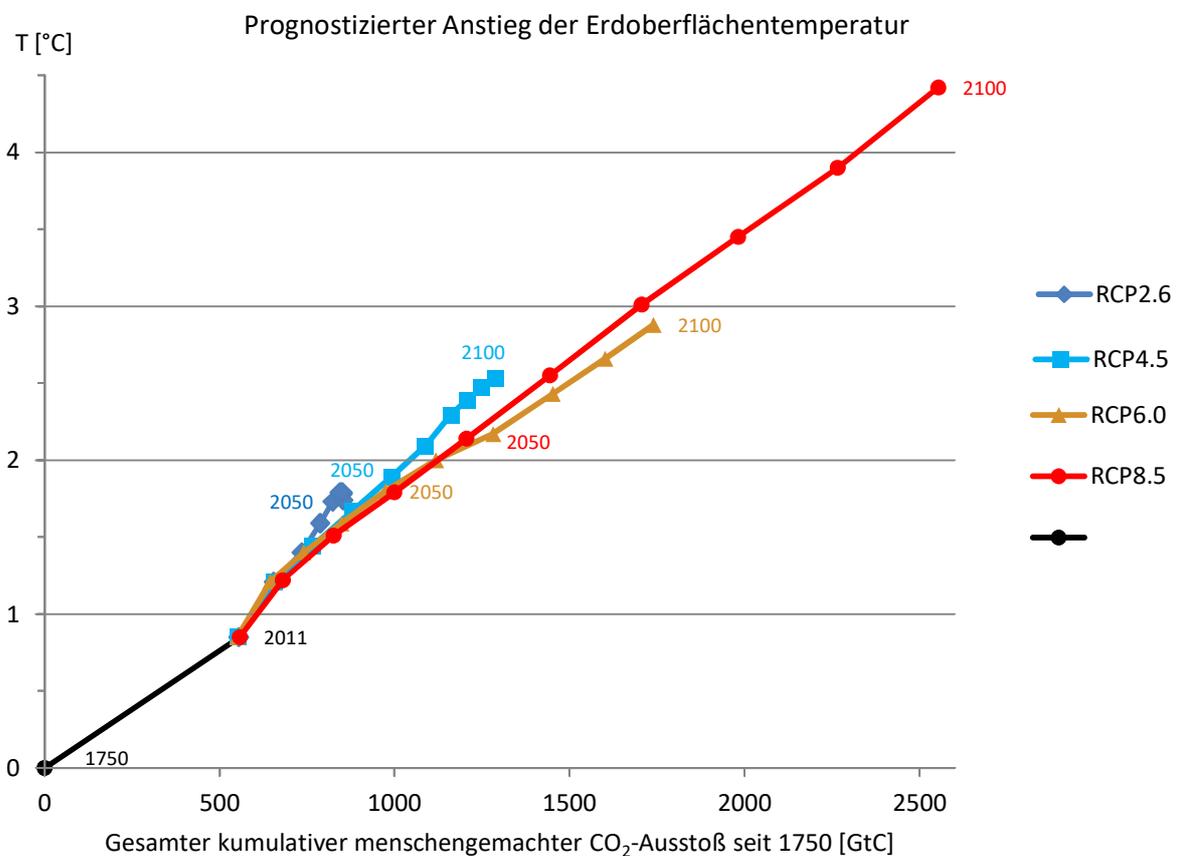


Abb-4: Prognostizierter Anstieg der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur bezogen auf das Jahr 1750 nach den unterschiedlichen RCP-Modellen. [18, Annex II Table All.7.5, S. 1410 und 1444]

Eine um Toleranzen erweiterte Abbildung der RCP-Verläufe mit weiteren historischen Werten findet sich in [1, WGI-26 SPM.10].

AN-9 Die Repräsentativen Konzentrations-Pfade (RCP) drücken die Erwärmung zum Ende des 21. Jahrhunderts aus

(RCP, Strahlungsantrieb, GtC, RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5, 1,5-Grad-Ziel, 2-Grad-Ziel)

Die Parameter 2.6 bis 8.5 beziehen sich auf den Strahlungsantrieb in W/m^2 zum Ende des 21. Jahrhunderts.

Eine Menge von 555 GtC bezogen auf 1750 (siehe AN-6) wurde bereits bis 2011 ausgestoßen. Momentan₂₀₁₁ stoßen wir 9,5 GtC (siehe AN-6) pro Jahr aus. Das sind bei unverändertem Ausstoß bis zum Jahr 2100 kumulativ 1401 GtC, was einem Graph zwischen RCP4.5 und RCP6.0 entspricht und eine Erwärmung von ca. 2,75 °C bewirken würde. Da sich trotz aller Bemühungen der jährliche CO₂-Ausstoß₂₀₁₇ auf 12,5 GtC erhöht hat [4, S.16 C.1.3 Satz 2], bewegen wir uns momentan auf dem RCP8.5. Der RCP2.6 repräsentiert ein starkes Minderungsszenario, was dem **1,5-** und **2-Grad-Ziel** entsprechen soll.

AN-10 Plus 4 °C globale Erderwärmung bei unverändertem Verhalten

(RCP8.5, RCP2.5, GtC),

Der RCP8.5 Graph zeigt eine globale Erwärmung von über 4 °C zum Ende des 21. Jahrhunderts im Vergleich zum Jahr 1950 [1, WGI-26 SPM.10]. Der RCP8.5 Graph repräsentiert unser derzeitiges Verhalten.

Nur beim RCP2.5, bei dem der CO₂-Ausstoß auf 800 GtC begrenzt wird, von denen bereits 600 GtC (bis Ende des Jahres 2017 [4, S.16 C.1.3 Satz 2]) verbraucht sind, stabilisiert sich die Temperatur auf eine Erhöhung zwischen 1,5 und 2 °C, was dem **Übereinkommen von Paris** entspricht[11, Artikel 2 Abs. 1.a].

Die RCP-Pfade stellen nicht den endgültigen Temperaturanstieg dar, denn selbst bei einem abrupten Stopp des CO₂-Ausstoßes gäbe es noch den **unabwendbaren Klimawandel** über mehrere Jahrhunderte.

Achtung: Im Folgenden und unter V-1 wird die Einheit tCO₂ statt tC benutzt.

1 GtC entspricht 3,667 Gt CO₂[1, WGI-10 Fußnote Nr. 12]. (GtC, Gt CO₂)

AN-11 Die CO₂-Uhr (z. B. unter <https://www.mcc-berlin.net/de/forschung/co2-budget.html>)

Wir setzen momentan 11,5 GtC pro Jahr (Stand ICPP Okt. 2018) frei.[4, S. 16 C.1.3 Satz 3] (siehe auch AN-6)

Soll das **1,5-Grad-Ziel** nicht verletzt werden, bleibt ab Ende 2017 bis zum Jahr 2050 ein Restbudget an CO₂ von 115 GtC übrig.[4, S. 16 C.1.3 Satz 5]

Dieses Restbudget lässt sich gemessen am aktuellen Verbrauch in eine CO₂-Uhr umrechnen und im Internet unter [3] ablesen.

Ist die CO₂-Uhr abgelaufen, darf kein CO₂ netto mehr freigesetzt werden.

AN-12 Der CO₂-Rechner (z. B. unter https://uba.co2-rechner.de/de_DE/) (CO₂Äq)

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg und dem Umweltbundesamt hat KlimaAktiv einen CO₂-Rechner entwickelt, mit dem jeder seinen individuellen CO₂-Ausstoß berechnen und mit dem deutschen Durchschnitt vergleichen kann. Dabei werden zu den CO₂-Äquivalenten folgende Angaben pro Jahr und Person gemacht (Stand Jan. 2020):

Deutscher Durchschnitt:	11,6 t CO ₂ Äq
Nachhaltigkeitsziel:	1,0 t CO ₂ Äq

Da der individuelle CO₂-Ausstoß sich stark unterscheiden kann, sollte dieser mit dem CO₂-Rechner berechnet werden.

Per Faustformel ergeben sich folgende beispielhafte Einsparpotentiale:

Sektor	CO ₂ -Ausstoß		Einsparpotentiale	
	Ø pro Person	Minderung pro Pers. o. Einheit	CO ₂ -Äquivalente pro Jahr	
Heizung/Strom	2,4 t	Wärmepumpe mit Grünstrom pro Haushalt ¹⁾ :	4 t	
		Photovoltaikanlage pro Haushalt ²⁾ :	2 t	
Mobilität	2,18 t	Fahrzeug je 10.000 km ³⁾ :	2 t	
		Flug innerhalb Europas je Person ⁴⁾ :	1 t	
Ernährung	1,74 t	Fleischreduzierte Kost pro Erwachsenen ⁵⁾ :	1 t	
Sonstiger Konsum	4,56 t	Konsumreduzierung um 150 EUR pro Monat:	1 t	
Öffentliche Emissionen	0,73 t			
<hr/>				
Deutscher Durchschnitt 11,6 t				

Tab-1: Vermeidung von CO₂-Äquivalenten durch Minderung von klimaschädlichem Verhalten. Die Angabe CO₂-Äquivalente pro Jahr wurde auf null Nachkommastellen zum Erstellen von Faustformelwerten gerundet und entspricht den Angaben des CO₂-Rechners, wenn die genannten Parameter eingegeben werden (Stand Jan. 2020).

1): Bei einem Jahresverbrauch von 25.000 kWh

2): Bei einem Jahresverbrauch von 5.000 kWh, Batteriespeicher, 80% Selbstversorgung, ohne Einspeisung

3): Mittelklasse Benziner mit einem Durchschnittsverbrauch von 8,3 l/ 100 km

4): Flugzeit inklusive Rückflug - 5 Stunden, Klasse – Economy

5): Für männliche Durchschnittsperson von fleischbetonter auf fleischreduzierte Kost (Ersparnis mit zwei Nachkommastellen: 0,57 t/Jahr)

Nach einer weltweiten Umstellung auf erneuerbare Energien werden null Tonnen fossiles CO₂ ausgestoßen, was dem Nachhaltigkeitsziel bezogen auf den Klimawandel entspricht und keinen Verzicht in den Bereichen Fahrzeug, Fliegen, Fleischkonsum und Konsumierung voraussetzt. Die dafür notwendigen Investitionen werden sich amortisieren und positive Auswirkungen (Synergien) in anderen Bereichen bewirken.

*Ein Umstellen auf erneuerbare Energien ist **unverzichtbar**. Je früher die Umstellung beginnt, desto mehr werden wir von ihr profitieren.*

AN-13 Künstliche Kompensationsmöglichkeiten bis jetzt nur mit Modellcharakter

„Es wurden Methoden vorgeschlagen, die darauf abzielen, das Klimasystem vorsätzlich zu verändern, um dem Klimawandel entgegenzuwirken (sogenanntes Geoengineering). Die beschränkten Hinweise schließen eine umfassende quantitative Bewertung, sowohl des Solar Radiation Management (SRM) als auch der Kohlendioxid-Entnahme (CDR) und deren Auswirkungen auf das Klimasystem, aus. CDR-Methoden haben bezüglich ihres Potentials auf globaler Ebene biogeochemische und technologische Grenzen. Die Kenntnisse für eine Quantifizierung, wie viele CO₂-Emissionen in einer Jahrhundert-Zeitskala durch CDR teilweise kompensiert werden könnten, sind ungenügend. Modellierungen zeigen, dass SRM-Methoden, sofern realisierbar, das Potential haben, einen globalen Temperaturanstieg in wesentlichem Maß auszugleichen. Jedoch würden sie auch den globalen Wasserkreislauf verändern und die Ozeanversauerung nicht verringern. Falls das SRM aus irgendeinem Grund beendet würde, würden die globalen Erdoberflächentemperaturen mit hohem Vertrauen sehr rasch auf Werte ansteigen, die dem Treibhausgas-Antrieb entsprechen. CDR- und SRM-Methoden bringen Nebenwirkungen und Langzeit-Konsequenzen auf globaler Ebene mit sich. {6.5, 7.7}“[1, WGI-27 letzter Abs.]

AN-14 Im Vergleich zu anderen Erdzeitaltern steigt der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre zu schnell und zu hoch

Der Anstieg der CO₂-Konzentration betrug im letzten Jahrhundert ca. 100 ppm (siehe Abb-3).

„Der Anstieg im letzten Jahrhundert beträgt 100 ppm: Der Wert liegt genauso hoch wie bei einem Wechsel von einer Kaltzeit zu einer interglazialen Warmzeit – nur dass der Anstieg diesmal mehr als hundertmal schneller vor sich geht.

Diese Konzentration in einer Warmzeit wurde mit Sicherheit in den letzten 800.000 Jahren nicht erreicht (wenn man die Daten der Eisbohrkerne auswertet) und vermutlich auch nicht in den letzten 2 Millionen Jahren (wenn man geologische Belege heranzieht).“[2, S. 114]

AN-15 Das Klimasystem Erde

Die Sonne speist Energie in das System ein, welche von den jeweiligen Teilsystemen, den Sphären, aufgenommen, zwischen ihnen ausgetauscht und in den Weltraum abgegeben wird, bis ein dynamisches Gleichgewicht entsteht.

Die Sphären heißen:

- Atmosphäre: Die Luft, die unseren Planeten umgibt
- Hydrosphäre: Die Ozeane, Seen und Flüsse auf unserem Planeten
- Kryosphäre: Das Eis, der Schnee und der Permafrostboden auf unserem Planeten
- Lithosphäre: Der äußerer Erdmantel aus Fels und Stein
- Biosphäre: Alles Leben auf unserem Planeten

Die durch die Sonne aufgenommene Energie wird durch die Sonnenaktivität, die Erdumlaufbahn, die Neigung und Ausrichtung der Erdachse, Wolken, Vulkanausbrüche, Staub und Dunst, die Schneedecke, die Vegetation und die Zusammensetzung der Atmosphäre beeinflusst.

AN-16 Änderungen im Klimasystem Erde über die Erdzeitalter

Als sich auf der Erde vor 3,5 Milliarden Jahren Leben entwickelte, war die Sonnenaktivität deutlich geringer, die Atmosphäre enthielt keinen Sauerstoff, dafür aber viele **Treibhausgase** (CO₂ und Methan), und die Biosphäre musste sich erst bilden.

Vor 2,3 Milliarden Jahren fingen lebende Organismen an, Sauerstoff zu produzieren. Daraufhin verwandelte sich die Erde in einen „**Schneeball**“, denn die Treibhausgase gingen verloren:

Das CO₂ wurde durch die Photosynthese abgebaut, das Methan wurde oxidiert und die Sonnenaktivität war noch zu schwach, um ein Abkühlen zu einem „**Schneeball**“ zu verhindern.

Vulkanausbrüche fügten der Atmosphäre wieder Treibhausgase hinzu, so dass sich die Erde wieder erwärmen konnte. Seitdem haben Vulkanausbrüche, die Erdumlaufbahn, die Neigung der Erdachse, Meteoriten, die Sonnenaktivität und CO₂-wandelnde Organismen das Klima stark verändert.

Erst seit 20 Millionen Jahren befinden wir uns in der aktuellen Kaltzeit, in der wir heute leben. [nach 2, S. 71]

Über die letzten 2,5 Millionen Jahre haben die Eisdecken an beiden Polen bedingt durch minimale Veränderungen im Orbit der Erde und in der Orientierung der Erde zur Sonne regelmäßig zu- und wieder abgenommen. [nach 2, S. 72]

Anhand von Eiskernen können wir beobachten, wie sich seit 800.000 Jahren die Temperatur dem CO₂-Gehalt in der Atmosphäre angleicht. [2, S. 110 und 111]

Vor 12.000 Jahren endete die letzte Kaltzeit, und das Holozän begann – eine außerordentlich stabile Periode (Temperaturschwankungen von ± 1 °C) –, in der sich unsere heutige Zivilisation entwickeln konnte. [nach 2, S. 73 und 74]

AN-17 Die Funktionsweise des Treibhauseffekts

Obwohl der Gehalt von Treibhausgasen in unserer Atmosphäre gering ist, würde ihr Fehlen eine Abkühlung um 15 °C bedeuten. [nach 2, S. 101]

Die Erdoberfläche nimmt Wärmestrahlung der Sonne auf und strahlt sie in Bereichen von Wellenlängen wieder ab, welche die **Treibhausgase** absorbieren können. Dadurch findet eine zusätzliche Erwärmung der Erde statt. Diesen Effekt nennt man Treibhauseffekt. (Siehe auch **Treibhausgas** im Glossar)

AN-18 Die Risiken des Klimawandels

Die Risiken des Klimawandels sind:

- Zunahme der Mitteltemperatur, von Hitzeextremen, von Starkniederschlägen und der Wahrscheinlichkeit für Dürre [nach 4, S. 11 B.1]
- Erhöhte Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs [nach 4, S. 11 B.2]
- Geringere Biodiversität und bedrohte Ökosysteme [nach 4, S. 12 B.3]
- Erhöhte Ozeantemperatur und –versauerung [nach 4, S. 12 B.4]
- Risiken für Gesundheit, Lebensgrundlagen, Ernährungssicherheit und Wasserversorgung, menschliche Sicherheit und Wirtschaftswachstum [nach 4, S. 13 B.5]
- Erhöhter Anpassungsbedarf an den Klimawandel und auftretende Anpassungsgrenzen [nach 4, S. 14 B.6]

Die Folgen des Klimawandels hängen vom Temperaturanstieg ab [4, Abbildung SPM.2, S.15]:

- < 1°: Bereits der heutige Temperaturanstieg zeigt Folgen für besondere Systeme und bedroht dort die Lebensgrundlage vieler Menschen [4, Abbildung SPM.2, S.15]
- 1,5°: Bewirkt teilweise schwerwiegende und irreversible Folgen [4, Abbildung SPM.2, S.15]. Die Aufwendungen für Maßnahmen, das **1,5-Grad-Ziel** zu erreichen, könnten noch im Verhältnis zu den prognostizierten Schäden liegen.[nach 17, FAQ 6.3 S. 15] Angewandte Minderungsmaßnahmen bewirken mögliche positive Auswirkungen (Synergien), nicht nur auf den Klimawandel.[nach 4, S. 24]
- 2°: Dieser Temperaturanstieg wurde in der **Klimarahmenkonvention** als „gefährlich“ [10, Artikel 2] eingestuft. Im **Pariser Übereinkommen** soll der Temperaturanstieg sogar deutlich unter 2 °C gehalten und auf 1,5 °C begrenzt werden.[11, Artikel 2 Abs. 1.a]
- 4°: „Da es über das Ausmaß und die Natur der Auswirkungen eines Temperaturanstiegs von 4 Grad Celsius keine absolute Sicherheit gibt, können wir auch nicht mit Sicherheit sagen, dass wir in einer um 4 Grad wärmeren Welt überleben könnten.“[2, S. 183]
- 10°: Bewirkt ein Massenaussterben, wie zu Zeiten der Dinosaurier. Kommen andere Faktoren hinzu, kann ein Massensterben bereits bei einem Temperaturanstieg zwischen 5 und 10 °C einsetzen. [12, S. 4 Tabelle 1]

Der prognostizierte Anstieg des Meeresspiegels wird unter [18, Table All.7.7, S. 1445] aufgeführt.

Ein verstärktes Abschmelzen der arktischen Eisschilde durch den Effekt der „Instabilität mariner Eisschilde“ und damit ein erhöhter Meeresspiegelanstieg wird unter [15, FAQ 13.2, S. 64 bis 65] behandelt.

Ein Abschwächen des Golfstroms wird unter [14, 2.2.3 2. Abs., S. 64] beurteilt.

Ein unumkehrbarer Klimawandel durch Kippeffekte, wie die Freisetzung von Treibhausgasen durch Abtauen von Permafrost oder das Destabilisieren von Methanhydraten im Ozean wird unter [15, FAQ 6.1, S. 27 bis 28] behandelt.

AN-19 Weitere Berichte und Ausblick

Häufig gestellte Fragen und Antworten zum Klimawandel werden in [13], [15], [16], [17] aufgeführt. Eine detaillierte Schilderung der Folgen des Klimawandels findet sich in [6], und eine spezifische aktualisierte Schilderung bezüglich des **1,5-** und **2-Grad-Ziels** in [4].

In [7] werden Minderungs- und Anpassungsoptionen auf internationaler, klimapolitischer Ebene an den Klimawandel beschrieben, wobei konkrete Maßnahmen, was jeder einzelne zur Minderung und Anpassung an den Klimawandel tun kann, nicht gegeben werden.

Die Berichte und Empfehlungen des IPCC müssen ernst genommen werden und das **Übereinkommen von Paris** der **UNFCCC** eingehalten werden.

Auf den Seiten der Internationalen Energie-Agentur lässt sich die Entwicklung der Energieträger verfolgen, wobei der Verbrauch von 2012 bis 2017 umgerechnet in Öleinheiten bei den fossilen Energieträgern um das Dreifache gegenüber den regenerativen Energieträgern gestiegen ist:

Energieträger	Versorgung	Anstieg von 2012 auf 2017	
Öl:	4 449 Mtoe	255 Mtoe	} 454 Mtoe (fossil)
Kohle:	3 890 Mtoe	-62 Mtoe	
Gas:	3 107 Mtoe	261 Mtoe	
Wasser:	351 Mtoe	34 Mtoe	} 149 Mtoe (regenerativ)
Wind, Solar, etc.:	257 Mtoe	115 Mtoe	
Andere:	2 017 Mtoe	129 Mtoe	

Tab-2: Weltweite Versorgung nach Energieträger im Jahr 2017 in Mtoe. 1.000.000 Tonnen Öleinheiten = 1 Mtoe. Andere: Bioenergie, Kernenergie, Müllverbrennung.[8, Based on IEA data from the IEA (2019), Energy supply – Total primary energy supply (TPES) by source – World, <https://www.iea.org/data-and-statistics>. All rights reserved; as modified by A. Lork; note: TPES here excludes electricity and heat trade. Coal also includes peat and oil shale where relevant.]

Als Mahnung zur Dringlichkeit, den Klimawandel zu mindern, sollte die folgende fünf Jahre alte Stelle für das Jahr 2020 zum **2-Grad-Ziel** zitiert werden, wobei der Treibhausgasausstoß bis jetzt weiter gestiegen ist, anstatt sich zu verringern, wie gehofft wurde:

„Berechnungen zeigen: Wenn wir erst im Jahr 2020 damit anfangen – also in nur fünf Jahren –, dann müssen wir die Emissionen schon um 6 Prozent pro Jahr senken (und zwar Jahr für Jahr), um das 2-Grad-Ziel noch zu erreichen.

6 Prozent hört sich nicht nach viel an, aber ein Blick auf die Geschichte zeigt, dass bereits Reduktionen von 1 Prozent stets mit ökonomischem Abschwung oder Umstürzen verbunden waren.

Der Umstieg von Kohle auf Gas in Großbritannien und der französische Umstieg auf Atomenergie in den Siebziger- und Achtzigerjahren führten nur zu einer Reduktion der Emissionen um 1 Prozent pro Jahr.

Zu einer kurzfristigen Reduktion um 5 Prozent kam es, als die Sowjetunion zusammenbrach.

Und die 6 Prozent beziehen sich auf die Kohlenstoff-Emissionen der ganzen Welt.“[2, S. 161 und 162]

Dieses letzte Zitat ist ernüchternd, nicht weil wir ab jetzt zum Schutz des Klimas auf Komfort und Wohlstand verzichten müssen, sondern weil eine Chance vertan worden ist.

*Die **technischen Möglichkeiten** zur sicheren Elektrifizierung unserer Gesellschaft mit erneuerbarer Energie und die damit verbundenen positiven Auswirkungen auf das Klima und unseren Wohlstand sind vorhanden.*

*Mit gestärktem **Bewusstsein** und gesteigerter **Akzeptanz** kann schon jetzt jeder die notwendigen Schritte für das **1,5-Grad-Ziel** unternehmen.*

*In der Mitte der Gesellschaft lassen dieses **Bewusstsein** und diese **Akzeptanz** die wirtschaftlichen und institutionellen Bedingungen für eine schnelle Transformation auf nationaler und internationaler Ebene durch die Politik entstehen und eröffnen uns den Weg in eine zukunftsorientierte bessere Welt.*

In diesem neuen Jahrzehnt beschreibt der IPCC unser erforderliches Handeln auf nationaler und internationaler Ebene folgendermaßen:

(NDC: **Nationally Determined Contributions**)

„In einer Welt, die mit einer Begrenzung der Erwärmung auf 1,5 °C im Einklang steht, würden die Treibhausgasemissionen im kommenden Jahrzehnt rasch abnehmen; außerdem gäbe es starke internationale Zusammenarbeit und insgesamt verstärkte Bemühungen der Länder über die derzeitigen NDCs hinaus. Im Gegensatz dazu würden verzögertes Handeln, begrenzte internationale Zusammenarbeit und unzureichende oder isolierte politische Strategien, die zur Stagnation oder Zunahme der Treibhausgasemissionen führen, die Möglichkeit zur Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf 1,5 °C über vorindustriellem Niveau außer Reichweite rücken lassen.“[13, S. 10 letzter Abs.]

Glossar

Folgende Begriffe sollen in dieser Zusammenfassung und den folgenden Abschnitten aus Gründen der Lesbarkeit mit der Bedeutung verstanden werden von:

Menschengemacht:	Anthropogen
Ausstoß:	Emission
Gehalt:	Konzentration

Es werden folgende Begriffe und Abkürzungen näher definiert:

1,5-Grad-Ziel

Siehe 2-Grad-Ziel.

2-Grad-Ziel

Auf der 21. UN-Klimakonferenz (21st Conference of the Parties, COP21) im Dezember 2015 verabschiedeten 195 Nationen das Übereinkommen von Paris, welches unter Artikel 2 Abs. 1.a sagt, dass „der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur deutlich unter 2 °C über dem vorindustriellen Niveau gehalten wird und Anstrengungen unternommen werden, um den Temperaturanstieg auf 1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen“.[11]

Aerosol

„Eine Suspension fester oder flüssiger Partikel in der Luft mit einer typischen Größe zwischen einigen wenigen Nanometern und 10 µm, die mindestens einige Stunden in der Atmosphäre verbleiben. Der Einfachheit halber wird der Begriff Aerosol, der sowohl die Partikel als auch das schwebende Gas umfasst, in diesem Bericht oft im Plural verwendet, um die Aerosol-Partikel zu bezeichnen. Aerosole können entweder natürlichen oder anthropogenen Ursprungs sein. Aerosole können das Klima vielfältig beeinflussen: direkt durch Streuung und Absorption von Strahlung und indirekt, indem sie als Kondensationskerne oder Eiskeime in Wolken fungieren und die optischen Eigenschaften und den Lebenszyklus von Wolken modifizieren. {WGI, III}“[9]

Anthropogen

„Durch Aktivität des Menschen verursacht oder produziert. {WGI, WGII}“[9]

Albedo

„Der Anteil der Sonnenstrahlung, der an einer Oberfläche oder an einem Körper reflektiert wird, oft in Prozent angegeben. Schneebedeckte Oberflächen haben eine hohe Albedo, die Albedo von Böden reicht von hoch bis niedrig, und pflanzenbedeckte Oberflächen und Ozeane

haben eine niedrige Albedo. Die Albedo der Erde variiert hauptsächlich wegen unterschiedlicher Bewölkung, Schnee-, Eis- oder Laubbedeckung und Änderungen der Bodenbedeckung. {WGI, III}“[9]

CH₄

Methan

CO₂

Kohlendioxid

CO₂-Äquivalente (CO₂Äq)

Siehe CO₂-Äquivalente-Konzentration

CO₂-Äquivalente-Konzentration (CO₂Äq-Konzentration)

„Die Konzentration von Kohlendioxid (CO₂), die denselben Strahlungsantrieb verursachen würde wie eine bestimmte Mischung von CO₂ und anderen Antriebskomponenten. Solche Werte können ausschließlich Treibhausgase oder eine Kombination aus Treibhausgasen, Aerosolen und Veränderungen der Oberflächen-Albedo berücksichtigen. CO₂-Äquivalente-Konzentration ist eine Metrik für den Vergleich des Strahlungsantriebs einer Mischung unterschiedlicher Antriebskomponenten zu einem bestimmten Zeitpunkt, bedeutet jedoch keine Äquivalenz der entsprechenden Klimareaktionen oder zukünftiger Antriebe. Im Allgemeinen besteht kein Zusammenhang zwischen CO₂-Äquivalente-Emissionen und daraus resultierenden CO₂-Äquivalente-Konzentrationen. {WGI, III}“[9]

Energiebilanz der Erde

„Die Erde ist ein physikalisches System mit einer Energiebilanz, die die die Gesamtzufuhr eingetragener Energie und alle Verluste abgegebener Energie umfasst. Die Energiebilanz der Erde wird ermittelt, indem gemessen wird, wie viel Energie in das Erdsystem von der Sonne einfällt, wie viel Energie an den Weltraum verloren geht und die Differenz auf der Erde und in ihrer Atmosphäre ausgewiesen wird.

Sonneneinstrahlung ist die Hauptenergiequelle für das Erdsystem. Einfallende Sonnenenergie kann durch Wolken und Aerosole gestreut und reflektiert oder in der Atmosphäre absorbiert werden. Die ankommende Strahlung wird dann an der Erdoberfläche entweder absorbiert oder reflektiert. Die durchschnittliche Albedo der Erde beträgt etwa 0,3, d. h. dass 30 % der einfallenden Sonnenenergie in den Weltraum reflektiert werden, während 70 % von der Erde absorbiert werden. Solare- oder Kurzwellenstrahlungsenergie wird in fühlbare Wärme, latente Energie (in Form unterschiedlicher Wasserzustände), potenzielle Energie und kinetische Energie umgewandelt, bevor sie als Infrarotstrahlung emittiert wird. Bei der durchschnittlichen Oberflächentemperatur der Erde von etwa 15 °C (288 K) liegt der Großteil des abgehenden Energieflusses im infraroten Bereich des Spektrums. {WGI}“[9]

GtC

1 Gigatonne Kohlenstoff = 10^{15} Gramm Kohlenstoff. Dies entspricht 3,667 Gt CO₂

Gt CO₂

Siehe GtC.

Klima

„Klima im engeren Sinne ist normalerweise definiert als das durchschnittliche Wetter, oder genauer als die statistische Beschreibung in Form von Durchschnitt und Variabilität relevanter Größen über eine Zeitspanne im Bereich von Monaten bis zu Tausenden oder Millionen von Jahren. Der klassische Zeitraum zur Mittelung dieser Variablen sind 30 Jahre, wie von der Weltorganisation für Meteorologie definiert. Die relevanten Größen sind zumeist Oberflächenvariablen wie Temperatur, Niederschlag und Wind. Klima im weiteren Sinne ist der Zustand, einschließlich einer statistischen Beschreibung, des Klimasystems. {WGI, II, III}“ [9]

Klimaänderung/Klimawandel

„Klimaänderung bezieht sich auf eine Änderung des Klimazustands, die aufgrund von Änderungen des Mittelwertes und/oder des Schwankungsbereiches seiner Eigenschaften identifiziert werden kann (z. B. mit Hilfe von statistischen Tests) und die über einen längeren Zeitraum anhält, typischerweise Jahrzehnte oder länger. Klimaänderung kann durch interne natürliche Prozesse oder durch äußere Antriebe

wie Modulationen der Sonnenzyklen, Vulkanausbrüche sowie andauernde anthropogene Änderungen der Zusammensetzung der Atmosphäre oder der Landnutzung zustande kommen. Es ist zu beachten, dass das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) in seinem Artikel 1 Klimaänderung definiert als: „Änderungen des Klimas, die unmittelbar oder mittelbar auf menschliche Tätigkeiten zurückzuführen sind, welche die Zusammensetzung der Erdatmosphäre verändern, und die zu den über vergleichbare Zeiträume beobachteten natürlichen Klimaschwankungen hinzukommen.“ Das UNFCCC unter scheidet demnach zwischen einerseits Klimawandel, der Aktivitäten des Menschen, die die Zusammensetzung der Atmosphäre verändern, zuzuordnen ist, und andererseits Klimavariabilität, die natürlichen Ursachen zuzuordnen ist. {WGI, II, III} Siehe auch Unabwendbarer Klimawandel, Nachweis und Zuordnung.“[9]

Klimarahmenkonvention

Siehe Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen.

Klimasystem

Siehe AN-15.

Lachgas (N₂O)

„Eines der sechs Treibhausgase, die nach dem KyotoProtokoll zu mindern sind. Die anthropogene Hauptquelle von Lachgas ist die Landwirtschaft (Bewirtschaftung von Böden und Viehdung), es kommen aber auch bedeutende Beiträge aus der Abwasserbehandlung, der Verbrennung fossiler Brennstoffe und chemischen Industrieprozessen. N₂O wird auch auf natürlichem Weg aus einer Vielzahl biologischer Quellen in Boden und Wasser produziert, insbesondere durch mikrobielle Aktivität in feuchten tropischen Wäldern. {WGI, III} Siehe auch Globales Erwärmungspotenzial (GWP) und AR5 WGIII Anhang II 9.1 zu den GWP-Werten.“[9]

Landoberflächentemperatur

„Die Lufttemperatur an der Erdoberfläche, gemessen in gut belüfteten Screens über Land in einer Höhe von 1,5 Metern über dem Boden. {WGI}“[9]

Meeresoberflächentemperatur

„Die Meeresoberflächentemperatur ist die Mitteltemperatur in den oberen Metern des Ozeans unter der Meeresoberfläche, die von Schiffen, Bojen und Loggern gemessen wird. Auf Schiffen ist man in den 1940er Jahren überwiegend dazu übergegangen, statt Messungen von Wasserproben aus Eimern Wasserproben aus dem Wasserzulauf für den Motor zu messen. Satellitenmessungen der Außenschichttemperatur (oberste Schicht; mit der Dicke eines Bruchteils eines Millimeters) im Infrarotbereich oder ungefähr des obersten Zentimeters im Mikrowellenbereich werden ebenfalls verwendet, müssen jedoch angepasst werden, um mit der Mitteltemperatur kompatibel zu sein. {WGI}“[9]

Minderung (des Klimawandels)/Klimaschutz

„Eingreifen des Menschen zur Verringerung der Quellen bzw. zur Förderung der Senken von Treibhausgasen. Dieser Bericht bewertet auch Eingreifen des Menschen zur Verringerung der Quellen sonstiger Substanzen, das direkt oder indirekt zu einer Begrenzung der Klimaänderung beitragen könnte, so zum Beispiel die Verringerung von Feststoffemissionen, die das Strahlungsgleichgewicht unmittelbar verändern können (z. B. Ruß) oder Maßnahmen zur Regelung der Emissionen von Kohlenmonoxid, Stickoxiden, flüchtigen organischen Verbindungen und sonstigen Schadstoffen, die die Konzentration des troposphärischen Ozons verändern können, welche indirekte Folgen für das Klima hat. {WGI, II, III}“[9]

N₂O

Siehe Lachgas.

Nationally Determined Contributions (NDC)

„Länder, die das Übereinkommen von Paris formal annehmen oder „ratifizieren“, reichen Zusicherungen darüber ein, wie sie dem Klimawandel zu begegnen beabsichtigen. Diese länderspezifischen Zusicherungen sind bekannt als Nationally Determined Contributions (NDCs). Verschiedene Forschungsgruppen weltweit haben die kombinierte Wirkung der Summe aller NDCs analysiert. Solche Analysen zeigen, dass die gegenwärtigen Zusicherungen nicht dazu führen, dass die globale Erwärmung auf 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau begrenzt wird. Falls die derzeitigen Zusagen für das Jahr 2030 eingehalten werden, jedoch nicht mehr,

sehen Forscher, wenn überhaupt, nur sehr wenige Wege, Emissionen nach 2030 schnell genug zu reduzieren, um die Erwärmung auf 1,5 °C zu begrenzen. Das bedeutet wiederum, dass die globale Erwärmung unter Berücksichtigung der Zusicherungen nach aktuellem Stand die 1,5 °C-Grenze zumindest für einen gewissen Zeitraum überschreiten würde und Praktiken und Technologien, mit denen CO₂ im globalen Maßstab aus der Atmosphäre entfernt werden kann, notwendig wären, um die Erwärmung zu einem späteren Zeitpunkt wieder auf 1,5 °C zu senken.“[13, S. 10 Abs. 5]

O₃

Ozon

Oberflächentemperatur

Siehe Land- und Meeresoberflächentemperatur.

Ozeanoberflächentemperatur

Siehe Meeresoberflächentemperatur.

Paläoklima

„Das Klima in Zeiten vor der Entwicklung von Messinstrumenten, einschließlich historischer und geologischer Zeiträume, für die nur Proxy-Klimaaufzeichnungen verfügbar sind. {WGI}“[9]

ppm

Parts per million – 1 Millionstel.

Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)

„Die Konvention wurde am 9. Mai 1992 in New York verabschiedet und am Weltgipfel von 1992 in Rio de Janeiro von über 150 Ländern und der Europäischen Gemeinschaft unterzeichnet. Ihr ultimatives Ziel ist die „Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird“. Es umfasst Verpflichtungserklärungen aller Parteien nach dem Prinzip der „gemeinsamen aber differenzierten Verantwortung“. Unter der Konvention zielen die in Annex I enthaltenen Länder darauf ab, die Treibhausgasemissionen, die nicht über das Montreal-Protokoll geregelt werden, bis 2000 auf das Niveau von 1990 zurückzuführen. Die Konvention ist im März 1994 in Kraft getreten. 1997 verabschiedete UNFCCC das Kyoto-Protokoll. {WGII, III}“ [9][10]

Repräsentative Konzentrationspfade (Representative Concentration Pathways, RCP)

„Szenarien, die Zeitreihen von Emissionen und Konzentrationen sämtlicher Treibhausgase, Aerosole und chemisch aktiven Gase sowie Landnutzung/Landbedeckung mit einschließen (Moss et al., 2008). Das Wort repräsentativ verdeutlicht, dass jeder RCP lediglich eines von vielen möglichen Szenarien darstellt, die zu den spezifischen Eigenschaften des Strahlungsantriebs führen würden. Der Begriff Pfad stellt heraus, dass nicht nur die langfristigen Konzentrationsniveaus von Interesse sind, sondern auch der über die Zeit eingeschlagene Weg, um dieses Ergebnis zu erreichen (Moss et al., 2010).

RCP beziehen sich normalerweise auf den Teil des Konzentrationspfades, der sich bis 2100 erstreckt, für den integrierte Bewertungsmodelle entsprechende Emissionsszenarien entwickelt haben. Erweiterte Konzentrationspfade (ECP) beschreiben Erweiterungen der RCP von 2100 bis 2500, die unter Verwendung einfacher Regeln berechnet wurden, die nach Rücksprache mit Interessengruppen generiert wurden und keine vollständig konsistenten Szenarien darstellen.

Vier RCP, die aus integrierten Bewertungsmodellen entwickelt wurden, wurden aus der veröffentlichten Literatur ausgewählt und werden im vorliegenden Sachstandsbericht des IPCC als Grundlage für die Klimaprognosen und -projektionen, die in WGI AR5 Kapitel 11 bis 14 (IPCC, 2013b) vorgelegt werden, herangezogen:

RCP2.6: Ein Pfad, bei dem der Strahlungsantrieb den Höchststand von etwa 3 W/m² vor 2100 erreicht und danach abnimmt (der entsprechende ECP geht von konstanten Emissionen nach 2100 aus).

RCP4.5 und RCP6.0: Zwei intermediäre Stabilisierungspfade, in denen der Strahlungsantrieb auf etwa 4,5 W/m² und 6,0 W/m² nach 2100 stabilisiert wird (wobei die entsprechenden ECP von konstanten Konzentrationen nach 2150 ausgehen).

RCP8.5: Ein hoher Pfad, bei dem der Strahlungsantrieb > 8,5 W/m² um 2100 erreicht und für eine gewisse Zeit weiter ansteigt (wobei der entsprechende ECP von

konstanten Emissionen nach 2100 und konstanten Konzentrationen nach 2250 ausgeht).

Für eine nähere Beschreibung der Zukunftsszenarien siehe WGI, AR5, Box 1.1. Siehe auch van Vuuren et al., 2011 {WGI, II, III}“[9]

Schneeball Erde

Die Erde ist bereits mehrmals in ihrer Geschichte von den Polen bis zum Äquator zugefroren. Vielleicht konnte das Leben in dieser Zeit nur am Äquator zwischen Eisschollen bestehen.

Strahlungsantrieb (Radiative forcing)

„Strahlungsantrieb ist die Änderung der Nettoeinstrahlung (Einstrahlung minus Ausstrahlung, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter, W/m²) an der Tropopause bzw. am oberen Ende der Atmosphäre aufgrund einer Änderung eines externen Treibers der Klimaänderung, z. B. einer Änderung der Kohlendioxidkonzentration oder der von der Sonne abgegebenen Energie. {WGI, III}

Manchmal werden interne Treiber noch als Antrieb berücksichtigt, obwohl sie aus einer Änderung des Klimas resultieren, z. B. Änderungen bei Aerosolen oder Treibhausgasen im Paläoklima. Der traditionelle Strahlungsantrieb wird berechnet, indem alle troposphärischen Eigenschaften auf ihren ungestörten Werten konstant gehalten werden, und nachdem sich die stratosphärischen Temperaturen, sofern verändert, in ein neues strahlungsdynamisches Gleichgewicht eingestellt haben. Der Strahlungsantrieb wird als instantan bezeichnet, wenn keine Änderung der stratosphärischen Temperaturen berücksichtigt wird. Der Strahlungsantrieb nach der Berücksichtigung rascher Angleichungen wird als effektiver Strahlungsantrieb bezeichnet. Zum Zwecke dieses Berichts wird Strahlungsantrieb ferner definiert als die Veränderung im Vergleich zum Jahr 1750 und bezieht sich, sofern nicht anders angegeben, auf den globalen und jährlichen Durchschnittswert. Strahlungsantrieb darf nicht mit Wolkenstrahlungsantrieb verwechselt werden, welcher ein nicht in direkter Beziehung stehendes Maß für die Wirkung von Wolken auf den Strahlungsfluss am oberen Ende der Atmosphäre darstellt. {WGI}“[9]

Stratosphäre (Stratosphere)

„Die stark geschichtete Region der Atmosphäre oberhalb der Troposphäre, die sich von etwa 10 km (durchschnittlich zwischen 9 km in hohen Breiten bis 16 km in den Tropen) bis etwa 50 km Höhe erstreckt. {WGI, III}“[9]

Treibhausgas

„Treibhausgase sind diejenigen gasförmigen Bestandteile in der Atmosphäre, sowohl natürlichen wie anthropogenen Ursprungs, welche die Strahlung in denjenigen spezifischen Wellenlängen innerhalb des Spektrums der thermischen Infrarotstrahlung absorbieren und wieder ausstrahlen, die von der Erdoberfläche, der Atmosphäre selbst und den Wolken abgestrahlt wird. Diese Eigenschaft verursacht den Treibhauseffekt. Wasserdampf (H₂O), Kohlendioxid (CO₂), Lachgas (N₂O), Methan (CH₄) und Ozon (O₃) sind die Haupttreibhausgase in der Erdatmosphäre. Außerdem gibt es eine Anzahl von ausschließlich vom Menschen produzierten Treibhausgasen in der Atmosphäre, wie die Halogenkohlenwasserstoffe und andere chlor- und bromhaltige Substanzen, die im Montreal-Protokoll behandelt werden. Neben CO₂, N₂O, und CH₄ befasst sich das Kyoto-Protokoll mit den Treibhausgasen Schwefelhexafluorid (SF₆), teilhalogenierten Fluorkohlenwasserstoffen (HFKW) und perfluorierten Kohlenwasserstoffen (PFC). Eine Liste gut durchmischter Treibhausgase ist in AR5 WGI Tabelle 2.A.1 zu finden {WGI, II, III}“[9]

Tropopause

„Die Grenze zwischen Troposphäre und Stratosphäre. {WGI}“[9]

Troposphäre

„Die unterste Schicht der Atmosphäre, von der Oberfläche bis etwa 10 km Höhe in mittleren Breiten (durchschnittlich von 9 km in hohen Breiten bis 16 km in den Tropen), in der Wolken und Wetterphänomene auftreten. In der Troposphäre nehmen die Temperaturen üblicherweise mit der Höhe ab. {WGI} Siehe auch Stratosphäre.“[9]

Übereinkommen von Paris

Siehe 2-Grad-Ziel und Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen.

Unabwendbarer Klimawandel

„Aufgrund der thermischen Trägheit des Ozeans und langsamer Prozesse in der Kryosphäre und

in Landoberflächen würde die Klimaänderung auch dann andauern, wenn man die heutigen Werte der atmosphärischen Zusammensetzung konstant hielte. Vergangene Änderungen der atmosphärischen Zusammensetzung führen zu einem unabwendbaren Klimawandel, der so lange andauern wird, wie ein Strahlungsungleichgewicht herrscht, und bis alle Komponenten des Klimasystems sich an einen neuen Zustand angeglichen haben. Die weitere Temperaturänderung, nachdem die atmosphärische Zusammensetzung konstant gehalten wurde, wird als constant composition temperature commitment oder einfach als committed warming oder warming commitment bezeichnet. Unabwendbarer Klimawandel schließt andere zukünftige Änderungen mit ein, beispielsweise im Wasserkreislauf, von Extremwetterereignissen, extremen Klimaereignissen und Meeresspiegeländerungen. Constant emission commitment ist der unabwendbare Klimawandel, der sich aus einem Konstanthalten der anthropogenen Emissionen ergeben würde und zero-emissions-commitment ist der unabwendbare Klimawandel, der sich ergeben würde, wenn Emissionen auf Null gesetzt würden. {WGI} Siehe auch Klimaänderung/Klimawandel.“[9]

Wahrscheinlichkeit

„Die Möglichkeit des Eintritts eines bestimmten Ergebnisses, soweit dies wahrscheinlichkeitstheoretisch abgeschätzt werden kann. In diesem Bericht wird dies durch Verwendung einer Standardterminologie ausgedrückt (Mastrandrea et al , 2010) {WGI, II, III}: Bestimmte oder eine Bandbreite von Erscheinungen/Ergebnissen eines unsicheren Ereignisses mit einer Wahrscheinlichkeit von > 99 % gelten als „praktisch sicher“, > 90% gelten als „sehr wahrscheinlich“, > 66 % gelten als „wahrscheinlich“, 33 bis 66 % gelten als „etwa ebenso wahrscheinlich wie nicht“ < 33 % gelten als „unwahrscheinlich“, < 10 % gelten als „sehr unwahrscheinlich“, < 1 % gelten als „besonders unwahrscheinlich.“ {WGIII} Siehe auch Übereinstimmung, Vertrauen, Belege und Unsicherheit.“[9]

Quellenangaben

- [1] IPCC, 2013: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2013: Naturwissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex und P.M. Midgley (Hrsg.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Großbritannien und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, ProClim, Bonn/Wien/Bern, 2014.
https://www.de-ipcc.de/media/content/AR5-WGI_SPM.pdf
- [2] Chris Rapley und Duncan Macmillan, 2 °C, Droemer Verlag
- [3] CO₂-Uhr des MCC - Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change
<https://www.mcc-berlin.net/de/forschung/co2-budget.html>
- [4] IPCC, 2018: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: 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. [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (Hrsg.)]. World Meteorological Organization, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung auf Basis der Version vom 14.11.2018. Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, ProClim/SCNAT, Österreichisches Umweltbundesamt, Bonn/Bern/Wien, November 2018.
https://www.de-ipcc.de/media/content/SR1.5-SPM_de_barrierefrei.pdf
- [5] CO₂-Rechner KlimaAktiv, Bayerisches Landesamt für Umwelt
https://www.lfu.bayern.de/energie/co2_rechner/index.htm
- [6] IPCC, 2014: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger . In: Klimaänderung 2014: Folgen, Anpassung und Verwundbarkeit. Beitrag der Arbeitsgruppe II zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea und L. L. White (Hrsg.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA , pp. 1–32. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, ProClim, Bonn/Wien/Bern, 2015.
https://www.de-ipcc.de/media/content/AR5-WGII_SPM.pdf
- [7] IPCC, 2014: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2014: Minderung des Klimawandels. Beitrag der Arbeitsgruppe III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlomer, C. von Stechow, T. Zwickel und J.C. Minx (Hrsg.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Großbritannien und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, ProClim, Bonn/Wien/Bern, 2015.
https://www.de-ipcc.de/media/content/AR5-WGIII_SPM.pdf
- [8] IEA, 2019, Data and statistics, Energy supply – Total primary energy supply (TPES) by source, World
<https://www.iea.org/data-and-statistics>

- [9] IPCC, 2013/14: Anhang zu den Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger der Beiträge der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016.
https://www.de-ipcc.de/media/content/AR5-SPM_Anhang.pdf
- [10] UNFCCC, Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen
- [11] UNFCCC, Übereinkommen von Paris
- [12] David P. G. Bond, Stephen E. Grasby: On the causes of mass extinctions. In: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 478, Nr. 15, Juli 2017, S. 3–29.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031018216306915?via%3Dihub>
- [13] IPCC, 2018: Häufig gestellte Fragen und Antworten. In: 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. [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (Hrsg.)]. World Meteorological Organization, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, ProClim/SCNAT, Österreichisches Umweltbundesamt, Bonn/Bern/Wien, Mai 2019.
https://www.de-ipcc.de/media/content/SR1.5-FAQs_de_barrierefrei.pdf
- [14] IPCC, 2014: Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016.
https://www.de-ipcc.de/media/content/IPCC-AR5_SYR_barrierefrei.pdf
- [15] IPCC 2014: Klimaänderung 2013: Naturwissenschaftliche Grundlagen. Häufig gestellte Fragen und Antworten – Teil des Beitrags der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex und P.M. Midgley (Hrsg.)]. Deutsche Übersetzung durch die deutsche IPCC-Koordinierungsstelle und Klimabüro für Polargebiete und Meeresspiegelanstieg, Bonn, 2017.
https://www.de-ipcc.de/media/content/IPCC_AR5_WGI_FAQ_deutsch.pdf
- [16] IPCC 2014: Klimaänderung 2014: Folgen, Anpassung und Verwundbarkeit. Häufig gestellte Fragen und Antworten – Teil des Beitrags der Arbeitsgruppe II zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea und L. L. White (Hrsg.)] Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch die Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle und das Deutsche Klimakonsortium, Bonn, 2018.
https://www.de-ipcc.de/img/content/AR5_WG2_FAQ_barrierefrei.pdf
- [17] IPCC 2014: Klimaänderung 2014: Minderung des Klimawandels. Häufig gestellte Fragen und Antworten – Teil des Beitrags der Arbeitsgruppe III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel und J.C. Minx (Hrsg.)] Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch die Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle und das Deutsche Klimakonsortium, Bonn, 2018.
https://www.de-ipcc.de/media/content/AR5_WG3_FAQ_barrierefrei.pdf

- [18] IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf

Nutzungsrechte

1. Sie dürfen das Material unter folgenden Bedingungen weiterverbreiten:
 - a) Das Material wird nicht zu kommerziellen Zwecken genutzt.
 - b) Das Material darf nicht umgestaltet oder verändert werden; es darf nicht anderweitig darauf aufgebaut werden. Ansonsten erlischt das Recht zur Weiterverbreitung.
 - c) Es dürfen keine zusätzlichen oder abweichenden Nutzungsbedingungen bei Weitergabe des Materials gefordert werden.
 - d) Für Abweichungen bedarf es immer der Genehmigung des Autors.
2. Urheber- und Rechteangaben müssen in angemessener Art und Weise getätigt werden, wobei nicht der Eindruck entstehen darf, dass der Autor Sie oder Ihre Nutzung besonders unterstützt. Vorgenommene Änderungen müssen immer als solche gekennzeichnet werden.
3. Der Autor gibt keine Garantien hinsichtlich des Werks und übernimmt keinerlei Haftung für irgendwelche Nutzung des Werks.
4. Ansonsten gilt die „Creative Commons“-Lizenz CC BY NC ND 4.0 (Creative Commons Namensnennung-Nicht kommerziell-Keine Bearbeitungen 4.0 International Public License).

Abbildungsverzeichnis

Cover	Fiktive menschenverursachte Änderung der Oberflächentemperatur im 21. Jahrhundert bezogen auf einen anhaltenden Trend beim Ausstoß von Treibhausgasen, A. Lork, Jan. 2020
S. 5, Abb-1	Strahlungsantrieb durch Emissionen und Treiber 2011, A. Lork, Jan. 2020
S. 6, Abb-2	Gesamter menschengemachter Strahlungsantrieb bezogen auf 1750, A. Lork, Jan. 2020
S. 7, Abb-3	Historischer CO ₂ -Gehalt in ppm bezogen auf jährliche Durchschnittswerte, A. Lork, Jan. 2020
S.9, Abb-4	Prognostizierter Anstieg der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur, A. Lork, Jan. 2020

Ausgabe vom

26. Juli 2020

Kontakt zum Autor

E-Mail: info@klimawandelquiz.de

Download

Material und neuste Ausgabe unter
www.klimawandelquiz.de