



ENERGYWATCHGROUP

1,5 °C Erwärmung dauerhaft überschritten

Umgehendes Ende fossiler Investitionen rentabel und geboten

Dr. Hartmut Fischer | Jörn Schwarz | Hans-Josef Fell

Berlin
Mai 2025

Kernaussagen

- Weltweit ist Klimaneutralität bis 2038 erforderlich, um die globale Erwärmung auf 2,0-2,5 °C zu begrenzen.
- Das bedeutet für die neue Bundesregierung: Jetzt fossile Investitionen in Deutschland beenden und so 100 Mrd. € pro Jahr Konjunkturschub schaffen.
- Nicht handeln ist dagegen sehr teuer: 0,5 °C mehr senkt das globale Bruttosozialprodukt um 11%. In Deutschland entspricht das Wohlstandsverlusten von jährlich 420 Mrd. € oder 11.000 € pro Haushalt.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Das 1,5 °C Ziel des Pariser Klimavertrags ist nicht zu halten - und bei „weiter so“ sind 2,0 °C um 2032 erreicht.

- Die globale Erwärmung liegt seit 2023-2024 auch dauerhaft über 1,5 °C. Damit ist das „Restbudget“ an Emissionen für das Ziel 1,5 °C null.
- Setzt sich der heutige Ausstoß an Treibhausgasen fort, sind 2,0°C dauerhafte Erwärmung wahrscheinlich um 2032 dauerhaft erreicht.

Was ist jetzt zu tun?

- **Sofortiges Beenden fossiler Investitionen** – Dazu zählen Gas- und Kohle- Kraftwerke, Öl- und Gas Heizungen, Verbrenner-Kfz – sowie Investitionen in die Exploration und Förderung von Kohle, Öl und Erdgas.
- Das gilt auch für die neue deutsche Bundesregierung und ist für sie die große Chance, einen direkt wirksamen und **massiven Konjunkturimpuls von 100 Mrd. € pro Jahr** zu setzen. Dies **stärkt** zudem die
 - **deutsche Industrie auch im internationalen Wettbewerb** (der globale Clean Tech Umsatz ist heute 1 Trillion € pro Jahr und wächst dynamisch).
 - **Inlandsnachfrage und gleicht sinkende Exporte** nach USA und China aus
 - **Resilienz der deutschen Wirtschaft**, weil es die Abhängigkeit von fossilen Importen aus Russland, Nahem Osten und USA nach und nach beendet.
- Die notwendigen **Technologien (Clean Tech)** wie Wind und PV, grüner Wasserstoff und Biogas, Wärmepumpen und Elektro-Kfz sind kommerziell verfügbar und kosten im Lebenszyklus meist weniger als fossile Technologie.
- Damit leistet Deutschland seinen **Beitrag**, die globale Erwärmung zumindest **auf 2,0-2,5 °C zu begrenzen und großen Schaden von allen abzuwenden.**

Inhaltsverzeichnis

1. ERREICHUNG DER SCHWELLENWERTE 1,5 °C UND 2,0 °C	II
2. KONSEQUENZEN FÜR DAS KLIMAPOLITISCHE HANDELN	2
2.1. Offene Kommunikation.....	4
2.2. Umgehend Investitionen von fossilen auf erneuerbare Energien umlenken.....	5
3. BERECHNUNGSVERFAHREN UND ERGEBNISSE.....	6
3.1. Grundlagen	6
3.1.1. Definition dauerhafter Erreichung globaler Erwärmung	6
3.1.2. Nachlaufende Erwärmung und Kippeffekte	7
3.1.3. Befristetes Überschießen.....	8
3.1.4. Datengrundlagen.....	8
3.2. Prognose durch lineare Hochrechnung historischer Durchschnittswerte.....	9
3.3. Prognose durch Funktion mit bestem Fit zur globalen Erwärmung der letzten 20 Jahre ...	12
3.3.1. Überschreitung von 1,5 und 2,0 °C bei „weiter so“ in den THG-Emissionen.....	12
3.3.2. Überschreiten von 2,0 °C bei Absenkung auf netto-null THG-Emissionen	14
3.4. Aussagen der World Meteorological Organization	17
4. ANLAGEN.....	20
4.1. Anlage 1 - Jährliche globale Erwärmung seit 1965.....	20
4.2. Anlage 2 - Monatliche globale Erwärmung seit 2023	21
4.3. Anlage 3 - Globale THG-Konzentrationen 2004-2023	22
4.3. Anlage 4 – Daten lineare Hochrechnung.....	23
4.4. Anlage 5 – Daten Hochrechnung mit exponentieller Funktion	24
4.5. Anlage 6 – Nachlaufende Effekte	25

Die Autoren

Dr. Hartmut Fischer ist Geschäftsführer der Energy Watch Group. Er verfügt über 13 Jahre Erfahrung in der Top-Managementberatung, Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit in verschiedensten Industriebranchen und Unternehmensgrößen zu verbinden. Zudem hat Herr Fischer in der Zeit Umweltbehörden auf Bundes- und Landesebene zu Strategie und Organisation beraten. Dann hat Herr Fischer über 16 Jahre die interne Top-Managementberatung der Deutschen Bahn auf zuletzt 100 Mitarbeitende aufgebaut und geleitet.

Seit 5 Jahren erarbeitet Herr Fischer Strategien und Analysen für das wirtschaftliche und zügige Erreichen 100% Erneuerbarer Energie in Deutschland und bringt die Ergebnisse bei Entscheidern in Bundespolitik und Bundesregierung ein.

Jörn Schwarz hat nach einem Ingenieurstudium 17 Jahre in der deutschen Industrie gearbeitet: zunächst in der Forschung der BMW AG an elektrischen und alternativen Antrieben, dann bei weiteren Unternehmen mit dem Fokus auf Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik.

Seit 2011 ist er Vorsitzender der ASPO Deutschland (Association for the Study of Peak Oil and Gas) und seit 2004 Mitglied des Vorstands des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins (DKV) e.V. mit ca. 1.500 Mitgliedern.

Die Bundesregierung hat Herrn Schwarz 1990 als Sachverständigen in die Bundestags-Enquête-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ berufen. Zwischen 2008 und 2023 hat er im Rahmen der „Arbeitsgemeinschaft Kälte“ zunächst das Bundesumweltministerium und dann das Wirtschafts- und Klimaschutzministerium bei der Entwicklung von Förderprogrammen für energieeffiziente Kälte- und Klimatechnik im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative beraten.

Hans-Josef Fell war von 1998 bis 2013 Mitglied des Deutschen Bundestages für Bündnis 90/Die Grünen und ist Initiator des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), der Grundlage für den Ausbau der EE in Deutschland und weltweit. Hans-Josef hat die EWG im Jahr 2006 initiiert und vertritt sie seit ihrer Gründung als Präsident.

1. Erreichung der Schwellenwerte 1,5 °C und 2,0 °C

Mit dem Pariser Klimavertrag haben sich die unterzeichnenden Staaten das Ziel gesetzt, die globale Erwärmung auf „deutlich unter 2,0 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau“ zu halten und Anstrengungen zu unternehmen, „um den Temperaturanstieg auf 1,5 °C ... zu begrenzen“¹. Die dazu aufgestellten nationalen Klimapläne sehen oft einen Anpassungszeitraum bis 2045 oder länger vor.

Nach einer globalen Erwärmung von 1,48 °C im Jahr 2023 und von 1,60 °C im Jahr 2024 stellt sich die Frage: Wann ist die 1,5 °C- bzw. 2,0 °C-Schwelle dauerhaft erreicht, d.h. auch im 20-Jahresdurchschnitt?

Diese Frage ist auch und gerade dann zu stellen, wenn weltweit die politische Bereitschaft für konsequentes Klimahandeln eher gesunken ist. Ansonsten fehlt klimapolitischen Entscheidungen eine wichtige Faktengrundlage.

Die Antworten dazu sind in dieser Studie mit zwei verschiedenen Berechnungsverfahren ermittelt:

- Lineare Hochrechnung aus der bisherigen globalen Erwärmung
- Ableitung aus der Funktion, die die jährliche globale Erwärmung der letzten 20 Jahre am genauesten modelliert.

Tabelle 1 – Ergebnisse der beiden Berechnungsverfahren

Berechnungsverfahren	1,5 °C erreicht um ...	2,0 °C erreicht bei THG-Emissionen	
		"weiter so"	linear auf null gesenkt
Lineare Hochrechnung	2023-2025	2031-2035	
Ableitung aus Funktion mit bestem Fit zur globalen Erwärmung der letzten 20 Jahre	2022-2024	2029-2032	2034-2040
Erwartungswert	2023-2024	2032	2038

Aus den konsistenten Ergebnissen beider Berechnungsverfahren, die in den folgenden Kapiteln abgeleitet sind, ergibt sich, dass die globale Erwärmung

- sehr wahrscheinlich zwischen 2023 und 2024 dauerhaft 1,5 °C erreicht hat.
- bei Fortsetzung der aktuellen Emissionen an Treibhausgasen (im Weiteren: THG) wahrscheinlich um 2032 dauerhaft 2,0 °C erreicht.

¹ s. Artikel 2, [Übereinkommen von Paris](#), Vereinte Nationen, 2015

- bei linearer Absenkung der THG-Emissionen auf netto-null bis um 2038 ggf. noch unter 2,0-2,5 °C gehalten werden kann. Diese Spannbreite von 0,5 °C liegt an möglichen Kippeffekten bis dahin sowie an nachlaufender Erwärmung.

Das bedeutet:

- Das **1,5 °C Ziel des Pariser Klimavertrags** ist **nicht mehr einhaltbar**.
- Die **Begrenzung** der globalen Erwärmung **auf 2,0-2,5 °C** ist **ernsthaft gefährdet**.

Zur Einordnung

Diese Studie ersetzt keine umfassende Klimamodellierung. Da die Aktualisierung von Klimamodellen anhand aktueller Erkenntnisse und Daten wegen Komplexität der Modelle und Abstimmungsprozesse mehrere Jahre dauern kann², sind die Ergebnisse dieser Studie zunächst mit einfacheren Mitteln erarbeitet.

Die Ergebnisse dieser Studie basieren auf ganz aktuellen Daten zur globalen Erwärmung bis inkl. März 2025 und konservativen Annahmen. Es ist deshalb nicht wahrscheinlich, dass Klimamodellierungen, die diese aktuellen Daten inkl. des exponentiellen Charakters der globalen Erwärmung zugrunde legen, mehrheitlich zu grundlegend anderen Ergebnissen kommen.

2. Konsequenzen für das klimapolitische Handeln

Da die 1,5 °C Marke der globalen Erwärmung dauerhaft erreicht und die 2,0 °C Grenze in Sicht ist, ist deutlich entschlosseneres Klimahandeln erforderlich.

Es gilt nun, jede 0,1 °C weiterer Erwärmung zu vermeiden, da die menschlichen und wirtschaftlichen Schäden mit der Temperatur exponentiell steigen. Aus Prognosen zu den Effekten zusätzlicher Erwärmung lassen sich für eine Erwärmung um 0,5 °C in etwa folgende Effekte ableiten:

- **Rund 900 Millionen Menschen mehr** werden jährlich an mindestens 20 Tagen **gefährlicher Hitze** ausgesetzt³. Ähnlich hoch ist die Zunahme von Menschen, die zusätzlich gesundheitsgefährdenden „unprecedented

² Siehe dazu auch Kapitel 3.4

³ Figure 2b, S. 502, [“Global risk of deadly heat”](#) in Springer nature, Mora/Dusset/u.a., Juni 2017. Der Abstand zwischen den Kurven für RCP 2.6 und RCP 8.5 in 2060 beträgt ca. 15 Prozentpunkte. Die Abbildung bezieht sich auf IPCC Klimamaßnahmen-Szenarien SSP1-2.6 und SSP5-8.5, die nach IPCC-Prognosen im Zeitraum 2041-2060 zu globaler Erwärmung von 1,7 °C und 2,4 °C führen (s. S. 63, [Climate Change 2021 – The Physical Science Basis](#), Working Group I contribution to the 6th Assessment Report of the IPCC, Masson-Delmotte/Zhai/u.a., 2021). Wenn 0,7 °C 15% entspricht, entsprechen 0,5 °C pro rata 11% oder etwa 900 Menschen der [Weltbevölkerung von 8,2 Mrd. in 2024](#)

temperatures“ ausgesetzt sind⁴. Dies führt zu einer drastischen Steigerung von Ernteverlusten, menschlichem Leiden und Migrationsdruck.

- Das globale Bruttoinlandsprodukt sinkt um etwa 11%, und zwar relativ gleichmäßig in den verschiedenen Weltregionen⁵. **In Deutschland** entspricht das **Wohlstandsverlusten von jährlich 420 Mrd. € oder 11.000 € pro Haushalt**. Dazu kommen Belastungen für Wirtschaft und Bürger, die zwar das Bruttoinlandsprodukt steigern aber unerwünscht sind, wie z.B. Aufwand für Unwetter-schäden, Klimaanpassung und Behandlung gesundheitlicher Hitzefolgen.

Zudem ist Klimahandeln nachweislich wirksam:

- In westlichen Industrieländern sinken die CO₂-Emissionen seit Jahren spürbar aufgrund der ergriffenen Klimamaßnahmen⁶.
- In China, dem weltweit größten CO₂-Emittenten, stieg der Ausstoß 2024 zwar noch – dank des massiven Ausbaus Erneuerbarer Energien jedoch deutlich langsamer als der Stromverbrauch⁷.

Daraus leiten sich drei zentrale Empfehlungen an die Politik ab, die in den folgenden Abschnitten vertieft werden:

- **Offene Kommunikation der Klimarealität:**

Als Grundlage für fundiertes Handeln ist die Überschreitung von 1,5 °C und das absehbare Erreichen von 2,0-2,5 °C offen und klar anzusprechen.

- **Fossile Investitionen umgehend beenden:**

Ab jetzt alle Investitionen von fossilen auf erneuerbare Energien umstellen und fossile Bestandsanlagen zügig durch erneuerbare Technologien ablösen.

- **Schneller Einstieg in die CO₂-Entnahme:**

Um die globale Erwärmung wieder zu senken, ist eine zügige Erarbeitung und Umsetzung skalierbarer und finanzierbarer Lösungen zur Entnahme von mehreren hundert Gigatonnen CO₂ aus der Atmosphäre⁸ erforderlich. Dies kann

⁴ S. Abbildung 2a, S. 1240, [“Quantifying the human cost of global warming”](#) in nature, Lenton/Xu/u.a., Mai 2023.

⁵ 15% BIP Senkung 0,7 °C globale Erwärmung. s. Werte für 2060 in Abbildung 1, [“The economic commitment of climate change”](#) in nature, Kotz/Levermann, Leonie Wenz (Potsdamer-Institut für Klimafolgenforschung), April 2024.

⁶ Die THG-Emissionen sanken zwischen 2015 und 2023 z.B. in

- Japan um insgesamt 18% oder guten 2% pro Jahr.
- der EU um insgesamt 17% oder 2% pro Jahr.

s. [Annual greenhouse gas emissions for major economies worldwide from 2000 to 2023](#), statista, Januar 2025

⁷ [“China’s surging power demand creates a climate conundrum”](#), Bloomberg, Januar 2025

⁸ Die bisher dazu in der Literatur bisher diskutierten Lösungen, v.a. Aufbau von Biomasse (Humus, Pflanzen an Land oder Meeresränder) und DACCS, erscheinen bisher nicht in dieser Dimension skalierbar und finanzierbar. Deshalb unterstützt die Energy Watch Group Holocene Project, das hierzu neue Wege erkundet.

netto-null THG-Emissionen nicht ersetzen, sondern nur ergänzen, weil Kohlenstoffentnahme in dieser Größenordnung

- nicht rechtzeitig vor Erreichen von 2,0-2,5 °C wirksam werden wird.
- die Schäden bei Überschreiten dieser Werte dann Jahrzehnte Bestand haben und zum Teil auch als irreversibel gelten (s. Kapitel 3.1.3).

2.1. Offene Kommunikation

Trotz bereits erreichter 1,5°C Erwärmung und der damit sicheren Überschreitung in den kommenden Jahren, halten viele Regierungen und deren internationale Organisationen formal weiter am Ziel fest, die globale Erwärmung auf 1,5°C zu begrenzen. Beispiele aus dem Jahr 2025 sind:

- Die Bundesregierung erklärt im März 2025⁹: „Das 1,5° Grad-Ziel von Paris im Blick zu behalten, ist heute dringender denn je“.
- Die Europäische Union formuliert als Ziel für die COP30 im November 2025¹⁰: „Die EU wird sich dafür einsetzen, das Ziel einer Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 Grad in Reichweite zu halten und Anstrengungen zur Anpassung an den Klimawandel zu unterstützen.“
- Die Vereinten Nationen warnen¹¹: „Beim aktuellen Emissionsniveau ist das verbleibende CO₂-Budget zur Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 °C mit 50 % Wahrscheinlichkeit – rund 250–275 Mrd. Tonnen CO₂ – bis 2030 aufgebraucht.“

Erklärungen dieser Art verschleiern, dass 1,5 °C globale Erwärmung de facto schon dauerhaft erreicht ist. Das mag von der Sorge getragen sein, die politische Unterstützung für konsequentes Klimahandeln durch das Eingeständnis, dass der Schwellenwert 1,5 °C überschritten ist, weiter zu untergraben. Solche Erklärungen führen aber dazu, dass weite Teile der Gesellschaft glauben, zum Erreichen der Klimaneutralität noch Jahre Zeit zu haben. Dies senkt die Bereitschaft zum Klimahandeln, die gerade jetzt zu stärken ist.

Zudem sollten Regierungen in derart zentralen Fragen der eigenen Gesellschaft gegenüber eine offene Kommunikation pflegen.

Deshalb ist es wichtig, jetzt offen und klar zu kommunizieren:

„Eine dauerhafte globale Erwärmung von

- **1,5 °C ist 2025-2026 erreicht und**
- **2,0-2,5 °C steht „vor der Tür.“**

⁹ [Der Petersberger Klimadialog – Auf dem Weg zur COP30 in Belém](#), Auswärtiges Amt, März 2025

¹⁰ s. [Global Climate Action](#), European Commission, April 2025

¹¹ [1.5 °C: what it means and why it matters](#), United Nations, April 2025

2.2. Umgehend Investitionen von fossilen auf erneuerbare Energien umlenken

Um die Chance zu wahren, unter 2,0-2,5 °C globaler Erwärmung zu bleiben, ist jetzt konsequentes Umsteuern erforderlich. Das bedeutet:

- Keine weiteren Investitionen in fossile Technologien, wie z.B. Förderung von Erdöl, Erdgas und Kohle, Bau von Erdgas- und Kohlekraftwerken, Öl- und Erdgas-Heizungen, Benzin- und Diesel-Kfz sowie Petrochemie.
- Bestehende fossile Technologien, Energien und Rohstoffe sukzessive bis 2040 durch Erneuerbare zu ersetzen.

Dies ist geboten, weil es gravierende Klimaschäden vermeidet, wirtschaftlich rentabel und zudem machbar ist: ein direktes und konsequentes Ablösen von fossilen durch erneuerbare Energien in Stromerzeugung, Verkehr, Gebäudewärme und Industrie ist heute schon:

- bei geeignetem Maßnahmenmix ganz überwiegend einzel- und volkswirtschaftlich rentabel¹². In Deutschland erzeugt es zudem einen gerade jetzt dringend notwendigen, starken Konjunkturschub von etwa 100 Mrd. € pro Jahr.
- mit erprobten und kommerziell breit verfügbaren Technologien leistbar.

Zudem ist die bisher weitgehende Abhängigkeit der deutschen Energieversorgung von etwa 83 Mrd. € pro Jahr¹³ an fossilen Importen eine kostspielige Abhängigkeit. Die bei Klimaneutralität weitgehend erzielte Energieunabhängigkeit stärkt die nationale Sicherheit, verbessert die Handelsbilanz und senkt den Einfluss autokratischer Ölstaaten in Deutschland und darüber hinaus.

Eine solch zügige Umstellung mag politisch derzeit global und national schwer vorstellbar sein. Sie ist aber

- zur Einhaltung der Ziele des Pariser Klimavertrags notwendig geworden, weil in den 10 Jahren seit seinem Abschluss die globalen CO₂-Emissionen nicht gesenkt, sondern weiter erhöht worden sind.
- bei exponentiellem Ausbau von Clean Tech leistbar. Dies ist in verschiedenen

¹² s. [„Roadmap CO2-neutrales Deutschland“](#), Fischer, Januar 2025. Ähnliche Ergebnisse sollten für die meisten Länder der Welt erzielbar sein.

¹³ Durchschnitt der Werte für 2023 und 2024, s. [„Jedes Jahr importiert Deutschland fossile Brennstoffe im Wert von Ø 81 Mrd. EUR“](#), KfW, April 2025

Ländern der Welt erfolgt^{14,15}. Auch in anderen Branchen ist exponentielles Wachstum bis zur Marktdurchdringungen gelungen (s. Smartphones).

3. Berechnungsverfahren und Ergebnisse

3.1. Grundlagen

3.1.1. Definition dauerhafter Erreichung globaler Erwärmung

Im Pariser Klimavertrag ist nicht geregelt, wie das Einhalten der dort vereinbarten Ziele „deutlich unter 2,0 °C“ und „Begrenzung auf 1,5 °C“ gemessen werden soll.¹⁶

Der IPCC sieht mit Stand 2023 einen Schwellenwert als überschritten an, wenn der 20-jährige Durchschnitt um das jeweilige Jahr darüber liegt.¹⁷ Wo diese zwei Jahrzehnte teilweise oder ganz in der Zukunft liegen, können die Werte auch begründet extrapoliert werden¹⁸.

Die Extrapolation ist auch vor diesem Hintergrund sinnvoll: wenn eine Überschreitung nur anhand von Ist-Daten festgestellt werden würde, müsste man 10 Jahre und mehr nach Erreichen des Schwellenwertes warten, um die Überschreitung festzustellen. Die resultierende Verzögerung im Handeln würde für die Weltgemeinschaft wertvolle Jahre ungenutzt verstreichen lassen.

Deshalb wird von einigen Wissenschaftlern vorgeschlagen, die aktuelle globale Erwärmung in der vom IPCC angesetzten 20-Jahre Periode zumindest für 10 der 20 Jahre mit Prognosen zu ermitteln¹⁹.

Der Ansatz wird in dieser Studie übernommen:

- Als dauerhafte globale Erwärmung in einem gegebenen Jahr wird der Durchschnitt der 20 Jahre um dieses Jahr definiert, inkl. der 9 vorherigen und 10 folgenden Jahre.

¹⁴ Ein Beispiel dafür ist Pakistan: „Weil Sonnenstrom billig und verlässlicher ist, wuchs die Kapazität in zwei Jahren um den Faktor 28 – privat finanziert ... Die installierte Kapazität für Solarstrom wird 2024 dort voraussichtlich um 17 Gigawatt wachsen, das ist etwa die Leistung von zehn durchschnittlichen Kohlekraftwerken – oder ein Drittel der gesamten Stromerzeugungskapazität Pakistans.“ s. [„Pakistans blitzschnelles Solarwunder“](#) in Spiegel, Stöcker, Dez 2024.

¹⁵ Ein anderes Beispiel ist der Anteil von batterieelektrischen Pkw an zugelassen Neuwagen in Norwegen, der in 10 Jahren von 6% auf 89% stieg. s. [“Market share of electric cars in Norway from 2009 to 2023”](#), statista, Sep 2024

¹⁶ s. Artikel 2, [Übereinkommen von Paris](#), Vereinte Nationen, 2015

¹⁷ S. 12, Fußnote 28 i.V.m. Fußnote 29 [“Climate Change 2023 – Synthesis Report”](#), IPCC, 2023

¹⁸ S. S. 4 (Fußnote 5) und S. 56, “extrapolating into the future if necessary”, Global Warming of 1.5°C, Masson-Delmotte/Zhai/u.a, IPCC Special Report, 2018.

¹⁹ [„Approaching 1.5 °C: how will we know we’ve reached this crucial warming mark?“](#), Betts/Belcher/u.a. Dezember, 2023

- Für diese 20 Jahre werden Ist-Daten angesetzt, soweit sie verfügbar sind, und ansonsten Prognose-Daten.

3.1.2 Nachlaufende Erwärmung und Kippeffekte

Nachlaufende Effekte in der globalen Erwärmung²⁰

Auch nachdem netto-null THG-Emissionen erreicht sind, verändern sich die THG-Konzentrationen und damit auch die globale Erwärmung. Einige THG wie Methan und N₂O sowie Aerosole haben eine kurze Verweildauer in der Atmosphäre. Das Sinken deren Konzentrationen hat gegenläufige Effekte auf die globale Erwärmung: bei Entfall von Aerosolen steigt die globale Erwärmung, bei Entfall von Methan und N₂O sinkt die globale Erwärmung.

Zudem ergibt sich aus den Klimamodellen eine Latenz in der globalen Erwärmung. Nach aktuellem Kenntnisstand steigt die globale Erwärmung auch bei Erreichen von netto-null THG-Emissionen noch mindestens 10 Jahre weiter. Der IPCC sieht hier im Netto-Effekt eine nachlaufende Erwärmung von „wahrscheinlich“ unter 0,5 °C²¹. Neuere Klimamodellierungen weisen eine Streuung von +/- 0,3 °C in den nachlaufenden Effekten auf die globale Erwärmung²² aus.

Kippeffekte

Dazu kommen Effekte, die die globale Erwärmung vor und nach Erreichung netto-null anthropogener THG-Emissionen weiter verstärken können, wie

- verringerte Albedo (Reflektion) infolge sinkender Dauer und Ausdehnung der Eis- und Schneeoberflächen,
- Auftauen der Permafrostböden in Tundren mit der Folge der Freisetzung großer Mengen an Methan und
- reduzierte Wärme- und CO₂-Aufnahme der Meere.

Fazit zu nachlaufender Erwärmung und Kippeffekten

Diese Effekte bedeuten, dass wenn 1,5 °C erreicht sind, allein die nachlaufenden Effekte die globale Erwärmung schon bis zu 2,0 °C und mehr erhöhen können.

In den folgenden Berechnungen zur

- **Erreichung** von 1,5 °C und von 2,0 °C ohne Senkung der THG-Emissionen, sind diese Effekte nicht berücksichtigt, weil es dort nicht um die Frage geht, ob und um wieviel die globale Erwärmung danach weiter steigt. Zudem umfasst dies

²⁰ Dies ist in Anlage 6 vertieft.

²¹ Chapter 1, S. 66, [“An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C”](#), Masson-Delmotte/Zhai/u.a., 2018.

²² [“Will global warming ‘stop’ as soon as net-zero emissions are reached?”](#), CarbonBrief, April 2021. Siehe auch [“Is there warming in the pipeline? A multi-model analysis of the Zero Emissions Commitment from CO₂”](#), MacDougall/Frölicher/u.a., 2020

Zeiträume von nur wenigen Jahren, was das mögliche Ausmaß in den historischen Daten nicht reflektierter Kippeffekte begrenzt.

- **Einhaltung** von 2,0 °C bei Senkung der THG-Emissionen sind diese Effekte berücksichtigt, weil dafür auch die nachlaufende Erwärmung relevant ist und es um größere Zeiträume geht. Hier ist vereinfachend eine Spanne von bis zu 0,5 °C zusätzlicher globaler Erwärmung angesetzt. Damit stehen die jeweils ermittelten Jahre für eine dauerhafte Erwärmung von 2,0-2,5 °C.

3.1.3 Befristetes Überschießen

Zum Teil werden in der Klimamodellierung Klimapfade diskutiert, in denen ein Überschießen der Klimaziele und spätere Absenkung der Temperaturen folgt („temporary overshoot“), die durch eine Kombination von netto-null THG-Emissionen und Kohlenstoffentnahme erzielt wird.

Dies ist in keiner Weise mit einer Einhaltung der Klimaziele vergleichbar:

- Das Erreichen der vorherigen Klimazustände dauert je nach Parameter einige Jahrzehnte bis Jahrhunderte. So lang bestehen dann die in Kapitel 2 genannten drastischen Schäden für Mensch und Natur²³.
- Bei einigen Parametern ist nicht gesichert, ob diese überhaupt wieder in den vorherigen Zustand zurückkehren (z.B. Bindung von Kohlenstoff im Permafrost, Meeresspiegel und -temperatur, Umfang der Eisdecken, Frequenz von Extremwetter)²⁴.

Insofern wird in dieser Untersuchung ein Überschießen der Klimaziele nicht als valider Pfad zur Einhaltung des Pariser Klimavertrags behandelt.

3.1.4 Datengrundlagen

Die Berechnungsverfahren dieser Studie nutzen vor allem diese Daten:

- globale Erwärmung in einem Jahr seit 1965 gegenüber der vorindustriellen Zeit (siehe Anlage 1)
- globale Erwärmung in einem Monat gegenüber der vorindustriellen Zeit sowie der El Niño und El Niña Monate seit Januar 2023 (siehe Anlage 2)
- globale THG-Konzentration in ppm CO₂-Äq seit 2004 (siehe Anlage 3)

²³ S. 623, [“Climate Change 2021 – The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the 6th Assessment Report of the IPCC”](#), Masson-Delmotte/Zhai/u.a., 2021

²⁴ S. 617, [“Climate Change 2021 – The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the 6th Assessment Report of the IPCC”](#), Masson-Delmotte/Zhai/u.a., 2021

3.2. Prognose durch lineare Hochrechnung historischer Durchschnittswerte

Berechnungsverfahren

Eine lineare Hochrechnung für den Prognosezeitraum hat die Form

$T_{(n)} = a \times n + T_{(0)}$. Dabei steht

- $T_{(n)}$ für die Temperatur im prognostizierten Jahr n
- a für die durchschnittliche jährliche globale Erwärmung
- $T_{(0)}$ für die Temperatur vor Beginn des Prognosezeitraums.

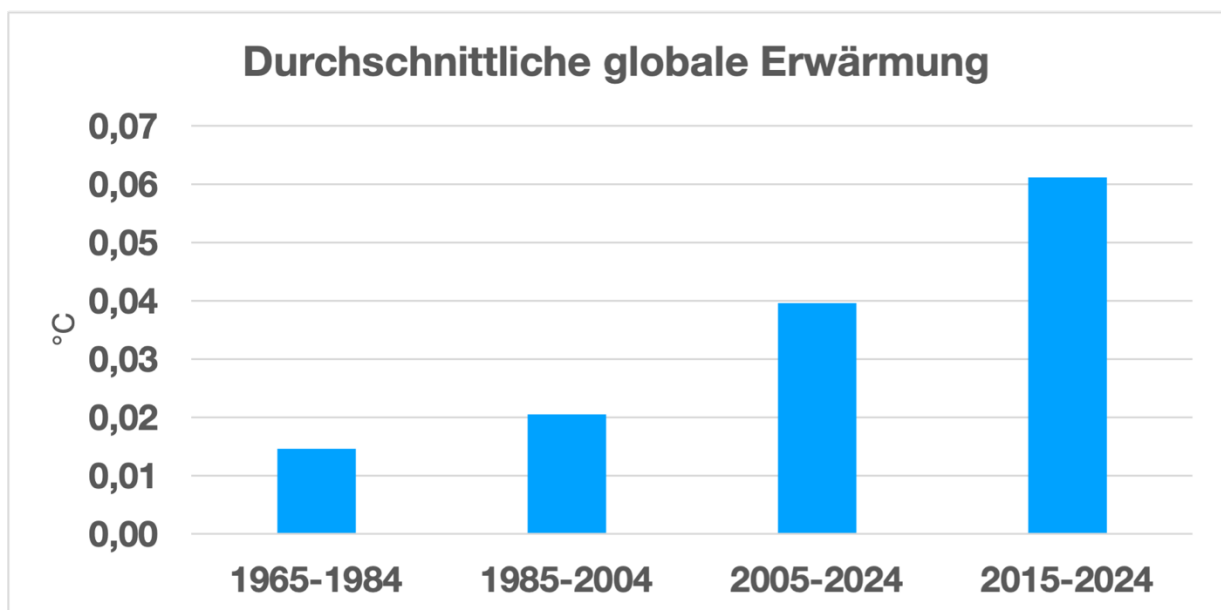
Da bis 2024 Ist-Daten zur jährlichen globalen Erwärmung vorliegen, beginnt der Prognosezeitraum mit 2025.

Durchschnittliche jährliche globale Erwärmung

Als jährliche globale Erwärmung nach 2024 wird 0,06 °C pro Jahr angesetzt, da

- die Steigerung um 0,06 °C pro Jahr bereits seit einem Jahrzehnt realisiert ist.
- die Steigerung der globalen Erwärmung um 0,02 °C pro Jahr gegenüber 2005-2024 angesetzt ist, die bereits von 1985-2004 auf 2005-2024 realisiert wurde
- es keine Indikation gibt, dass die Dynamik der globalen Erwärmung nachlässt.

Graphik 1 – Beschleunigung der globalen Erwärmung pro Jahr²⁵



²⁵ Daten hierzu siehe Anlage 1

Temperatur vor Beginn des Prognosezeitraums

Welche globale Erwärmung als Aufsetzpunkt $T_{(0)}$ gewählt wird, zu dem dann die o.a. jährlichen globalen Erwärmungen addiert werden, ist prägend für den resultierenden 20-Jahresdurchschnitt.

Das sinnvolle Spektrum der Optionen für $T_{(0)}$ reicht für die Zwecke dieser Studie vom 10-jährigen Durchschnitt 2015-2024 von 1,28 °C bis zum letzten verfügbaren und zudem höchsten Ist-Wert der Periode 2005-2024 von 1,60 °C.

- **1,28 °C erscheint unrealistisch niedrig** - Zuzüglich 0,06 °C jährliche Erwärmung wäre die prognostizierte Temperatur im Jahr 2025 dann 1,34 °C. Dies wäre ein Rückgang gegenüber den 1,60 °C von 2024 von 0,26 °C. Ein solcher Rückgang ist in den letzten 60 Jahren nur zweimal erfolgt (3% der Jahre) und seit 25 Jahren kein einziges Mal (0% der Jahre).
- **1,60 °C ist hoch, kann aber realistisch sein** - Die globale Erwärmung unterliegt Schwankungen und könnte in den kommenden Jahren deshalb auch wieder sinken. Dies kann insbesondere nach den erhöhten Temperaturen einer El Niño Phase oder durch die abgesenkten Temperaturen einer La Niña Phase erfolgen. Die Monatswerte der globalen Erwärmung im Jahr 2024 und Januar bis März 2025 geben dafür bisher jedoch keine Indikation:
 - Nach Beginn der letzten El Niño Phase stieg die globale Erwärmung Juli 2023 erstmals über 1,50 °C und blieb darüber bis zum letzten Monat der El Niño Phase im April 2024²⁶ (Durchschnittswert 1,61 °C).
 - Auch nach Ende dieser El Niño Phase ging die globale Erwärmung – anders als nach vorherigen Phasen - kaum zurück und lag 11 Monate (Mai 2024 - März 2025) bei oder über 1,50 °C^{27,28} (Durchschnittswert 1,59 °C).Somit kann es realistisch sein, für $T_{(0)}$ den Ist-Wert 1,60 °C von 2024 anzusetzen.

Für die Näherung an einen sinnvollen Wert $T_{(0)}$ innerhalb dieses Spektrums gilt:

- **Die durchschnittliche globale Erwärmung der letzten 5 Jahre war 1,35 °C** – Wenn der $T_{(0)}$ bei der durchschnittlichen globalen Erwärmung 2020-2024 von 1,35 °C liegt, ergibt dies für 2025 einen Prognosewert von 1,41 °C.
- **Für eine realistische Prognose 2025, muss $T_{(0)}$ mindestens 1,41 °C sein** – Januar, Februar und März 2025 lag die globale Erwärmung bei 1,75 °C, 1,59 °C

²⁶ Zu den Monaten, in denen die letzte El Niño Phase bestand, siehe Anlage 2.

²⁷ Nur Juli 2024 lag die Erderwärmung bei 1,48 °C und somit geringfügig unter 1,50 °C.

²⁸ In der Klimaforschung ist eine Erklärung der besonders hohen globalen Erwärmung in 2023 und 2024, dass u.a. durch erfolgte Umstellungen auf schwefelarmen Schiffsdiesel die Konzentration von Aerosolen in der Atmosphäre und damit auch ihre kühlende Wirkung sinkt. Die resultierende zusätzliche Erwärmung wäre damit dauerhaft. Siehe [„Comments on Global Warming Acceleration, Sulfur Emissions, Observations“](#), Hansen/Kharecha/Sato, Mai 2024.

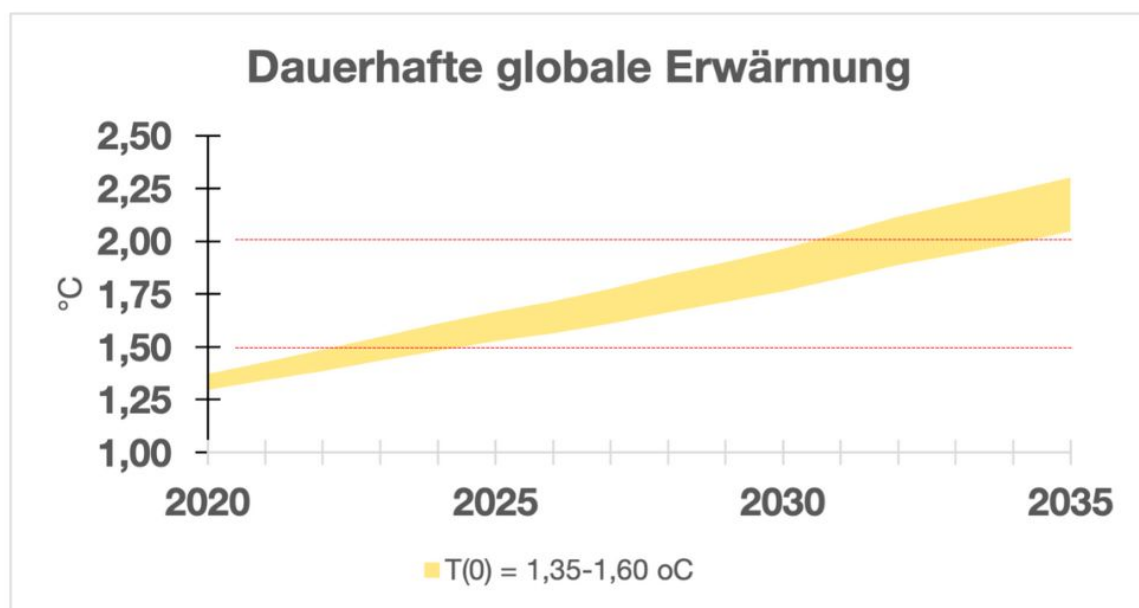
und 1,60 °C. Der maximale Rückgang der globalen Erwärmung von einem Jahr auf das nächste lag in den letzten 20 Jahren bei 0,155 °C. In anderen Worten: in 95% dieser 20 Jahre stieg die globale Erwärmung im Folgejahr oder sank weniger. Auch wenn dieser maximale Rückgang der letzten 20 Jahre ggü. dem Vorjahr in allen verbleibenden Monaten 2025 erfolgt, beträgt die globale Erwärmung 2025 noch 1,47 °C. Das bedeutet, $T_{(0)}$ muss mindestens 1,41 °C betragen, um eine realistische Prognose für 2025 zu ergeben.

Fazit – In dieser Studie wird für $T_{(0)}$ das wahrscheinliche Spektrum von 1,35-1,60 °C angesetzt. Damit ergeben sich als Funktionen für die Prognose der in einem Jahr mindestens und maximal dauerhaft erreichten globalen Erwärmung:

$$T_{(n-\min)} = 0,6 \text{ °C} \times n + 1,35 \text{ °C}$$

$$T_{(n-\max)} = 0,6 \text{ °C} \times n + 1,60 \text{ °C}.$$

Graphik 2 – Wahrscheinliches Spektrum der globalen Erwärmung bei linearer Hochrechnung entsprechend dieses Kapitels²⁹



Ergebnis der linearen Hochrechnung

Dieses Berechnungsverfahren ergibt, dass eine **globale Erwärmung von**

- **1,50 °C** im Zeitraum **2024-2025 dauerhaft überschritten** ist.

Damit ist **das „Restbudget“ an Treibhausgasen de facto null**, das noch emittiert werden kann, ohne 1,5 °C zu überschreiten.

- **2,00 °C** bei einem „weiter so“ im Zeitraum **2031-2035 dauerhaft überschritten** ist.

²⁹ Daten hierzu siehe Anlage 4

3.3. Prognose durch Funktion mit bestem Fit zur globalen Erwärmung der letzten 20 Jahre

3.3.1. Überschreitung von 1,5 und 2,0 °C bei „weiter so“ in den THG-Emissionen

Die Ableitung aus der Funktion mit dem besten Fit zur globalen Erwärmung der letzten 20 Jahre (2005-2024) erfolgte in zwei Schritten:

- Es wurden lineare, quadratische und exponentielle Funktionen untersucht, deren Parameter nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate jeweils per Regression eingestellt wurden.

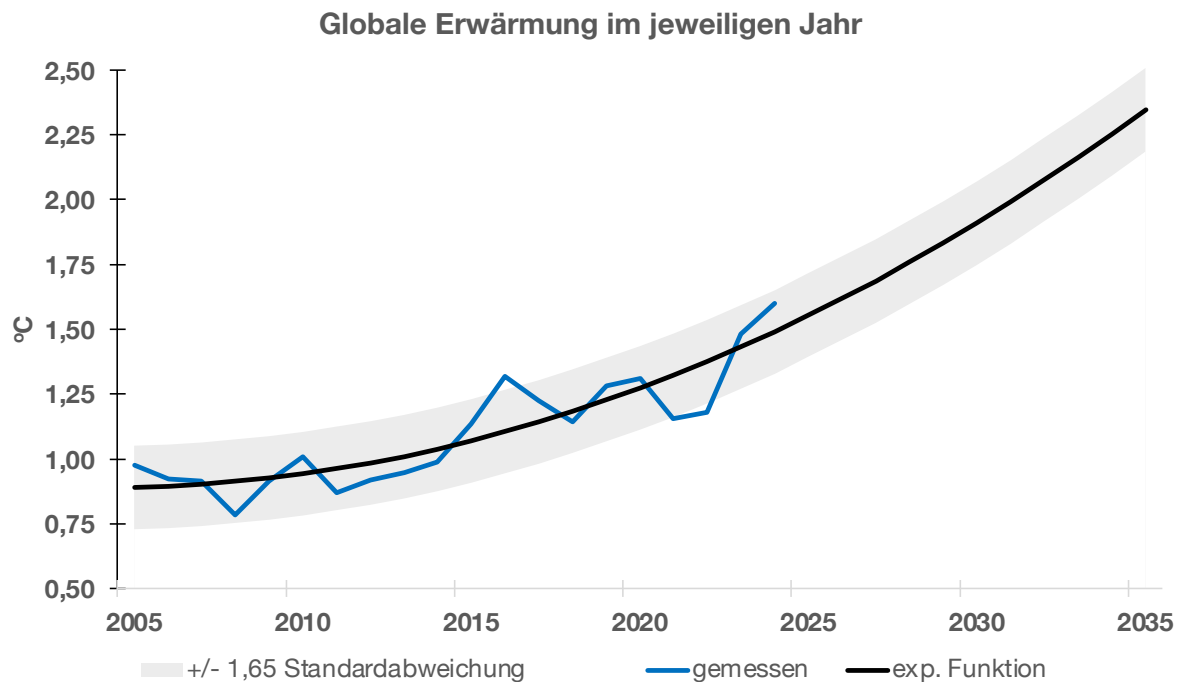
Von den untersuchten Funktionen³⁰ hatte $T_{(n)} = a * n^b + c$ den besten Fit mit den Daten. Dabei steht $T_{(n)}$ für die globale Erwärmung im Jahr n . Für a , b und c ergab sich der beste Fit mit den Daten bei $T_{(n)} = 0,00145 * x^{2,0126} + 0,889$. Die Standardabweichung von Funktion und Ist-Daten beträgt dann nur 0,0976.

Dass sich der beste Fit mit einer exponentiellen Funktion ergibt, ist konsistent mit der stetigen Zunahme der jährlichen globalen Erwärmung in den letzten drei 20-Jahres-Perioden (s. Kapitel 3.2).

- Mit der so ermittelten exponentiellen Funktion wird die globale Erwärmung für den Zeitraum 2025 bis 2035 prognostiziert. Das ergibt dann die in Graphik 3 dargestellte Entwicklung:
 - Die schwarze Kurve ist der Erwartungswert nach dieser Prognose.
 - Grau hinterlegt ist der Bereich von 1,65 Standardabweichungen um den Erwartungswert. Statistisch sollten somit 95% der zukünftigen Schwankungen im grauen Bereich liegen.
 - Die blaue Linie gibt die Ist-Daten für 2005-2024 wieder.

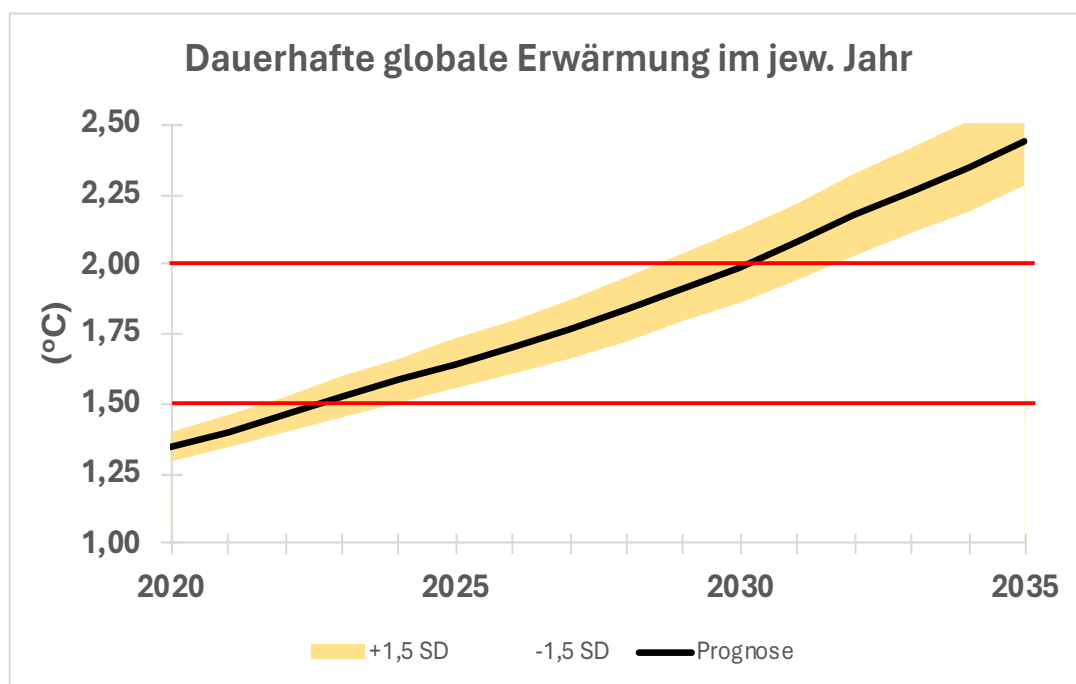
³⁰ Die Funktionen sind: $ax+b$, ax^b+c , $a(1+b)^x+c$, $a\log_{(b)x}+c$, $ae^{bx}+c$

Graphik 3 – Prognostizierte globale Erwärmung im jeweiligen Jahr³¹



Aus der so prognostizierten globalen Erwärmung in jedem der Jahre nach 2024 wird verbunden mit den Ist-Daten bis 2024 ein 20-Jahresdurchschnitt um das jeweilige Jahr gebildet. Dieser entspricht der Definition der dauerhaft in dem Jahr erreichten globalen Erwärmung nach Kapitel 3.1.1.

Graphik 4 – Prognostizierte dauerhafte globale Erwärmung im 20-Jahres-Durchschnitt um das jeweilige Jahr³²



Ergebnis der Prognose mit dieser Funktion und Standardabweichung

Nach diesem Berechnungsverfahren ist die globale Erwärmung mit 95% Wahrscheinlichkeit

- 2022-2024 (Erwartungswert: **2023**) **dauerhaft 1,5 °C überschritten.**
- 2029-2032 (Erwartungswert: **2031**) **dauerhaft 2,0 °C überschritten.**

Diese Prognose beruht auf der impliziten Annahme eines „**weiter so**“ entsprechend der letzten 20 Jahre. In anderen Worten: die exponentielle Entwicklung der Jahre 2005-2024 wird im Prognosezeitraum nicht relevant

- gedämpft, z.B. durch deutliche Senkung der THG-Emissionen,
- weiter verstärkt, z.B. durch stärkere oder neue Kippeffekte im Klimasystem.

Diese Annahme trifft für die 20 Jahre, aus deren Durchschnitt die dauerhafte globale Erwärmung abgeleitet wird, bei

- 1,5 °C globaler Erwärmung vermutlich überwiegend zu, da von den 20 Jahren, mind. 50% Ist-Daten sind und mind. 25% in den nächsten 4 Jahren liegen. Damit bleibt wenig Spielraum für relevante Veränderungen der Dynamik in der globalen Erwärmung ggü. 2005-2024.
- 2,0 °C nur begrenzt zu, da dafür die globale Erwärmung bis 2042 betrachtet wird und in diesem Zeitraum sowohl Kippeffekte als auch das Klimahandeln des Menschen die Entwicklung noch relevant verändern können.

3.3.2 Überschreiten von 2,0 °C bei Absenkung auf netto-null THG-Emissionen

Das Restbudget an weiterer Steigerung der THG-Konzentration, um noch eine Chance zu haben, die globale Erwärmung auf 2,0 °C bzw. mit nachlaufender Erwärmung und Kippeffekten auf bis zu 2,5 °C zu begrenzen, lässt sich überschlägig ableiten aus

- dem o.a. Zeitraum bis 2,0 °C bei einem „weiter so“ dauerhaft erreicht sind (Erwartungswert: 2031) und
- der bis dahin erfolgten Zunahme der THG-Konzentration.

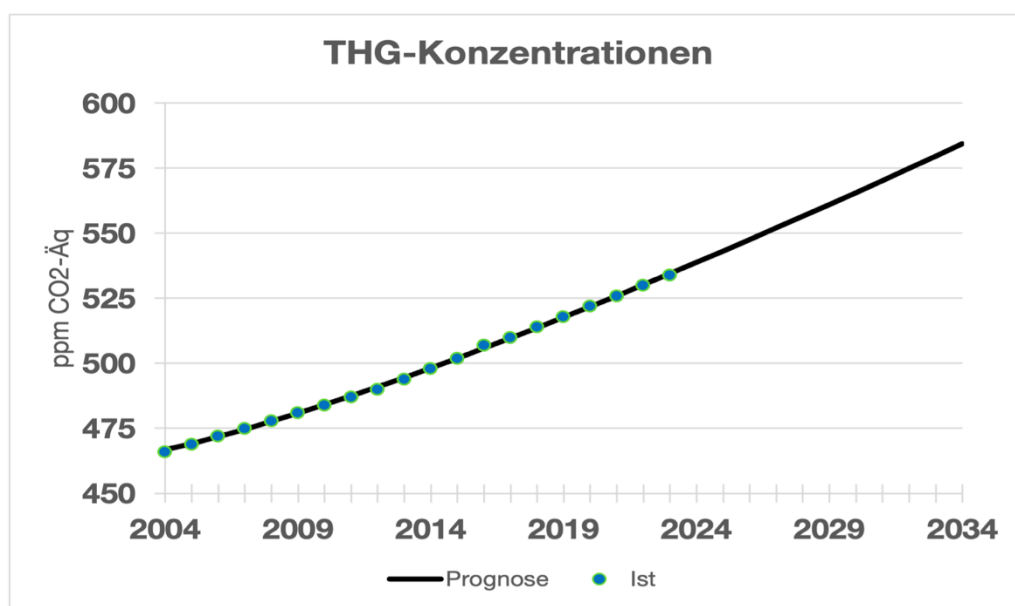
³¹ Daten hierzu siehe Anlage 5

³² Daten hierzu siehe Anlage 5

Die bei einem „weiter so“ bis 2031 erfolgte Steigerung der THG-Konzentration lässt sich wiederum – ähnlich wie die Temperaturentwicklung - aus einer Funktion mit dem besten Fit zu den Ist-THG-Konzentrationen der letzten verfügbaren 20 Jahre (2004-2023) ableiten.

Von den untersuchten Funktionen hat $\text{ppm}_{(n)} = a * n^b + c$ den besten erreichbaren Fit mit den Daten³³. Dabei steht $\text{ppm}_{(n)}$ für die CO₂-äquivalente THG-Konzentration in der Atmosphäre im Jahr n. Der beste Fit mit dieser Funktion ergibt sich bei $\text{ppm}_{(n)} = 1,6974 * n^{1,238} + 465,2$. Die Standardabweichung zwischen dieser Funktion und den Ist-THG-Konzentrationen beträgt 0,4462.

Graphik 5 – THG-Konzentrationen im jeweiligen Jahr³⁴



Wenn die globale Erwärmung bei einem „weiter so“ 2029-2032 (Erwartungswert: 2031) 2,0 °C erreicht sind, dann ist die bis dahin erfolgte Steigerung der THG-Konzentration in der Atmosphäre das maximale Restbudget, innerhalb dessen noch eine Chance besteht, die globale Erwärmung auf 2,0 °C bzw. mit nachlaufender Erwärmung und Kippeffekten auf bis zu 2,5 °C zu begrenzen.

Aus der o.a. Funktion ergibt sich zu diesen Jahren eine prognostizierte Steigerung der THG-Konzentration in der Atmosphäre von **22 bis 36 ppm CO₂-äq (Erwartungswert: 31 ppm CO₂-äq) gegenüber 2024. Dies ist das maximale „Restbudget“, um die globale Erwärmung auf 2,0-2,5 °C zu begrenzen.**

Wenn die globalen THG-Emissionen in 2025 erstmals nicht steigen und dann beginnend 2026 linear so zügig sinken, dass das o.a. Restbudget ausgeschöpft aber nicht überschritten wird, **müssen netto-null THG-Emissionen 2034-2040 (Erwartungswert: 2038) erreicht sein.**

³³ Die Funktionen sind: $ax+b$, ax^2+bx+c , ax^b+c , $a(1+b)^x+c$, $a\log_{(bx)}+c$, $ae^{bx}+c$

³⁴ Daten hierzu siehe Anlage 3

Tabelle 2 – Lineare Absenkung der THG-Emissionen beginnend 2026 auf netto-null bei Einhaltung des „Restbudgets“ für 2,0-2,5 °C

	Das Restbudget (ppm CO ₂ -Äq) ...	... ist bei linearer Senkung der THG- Emission beginnend 2026 erschöpft bis	Das entspricht einer jährlichen Senkung der THG-Emissionen ggü. 2024 um ...
von	22	2034	10,0%
Erwartungswert	31	2038	7,1%
bis	36	2040	6,3%

Für Deutschland bedeutet eine lineare Senkung der THG-Emissionen auf null im Zeitraum 2026-2038, die THG-Emissionen bis 2030 auf etwa 415 Mio. to CO₂-Äq zu senken³⁵. Dies deckt sich fast mit der Zielvorgabe des Klimaschutzgesetzes für 2030. Die Klimaneutralität wäre aber um 2038 anstatt erst 2045 zu erreichen.

Bei linearer **Absenkung der THG-Emissionen auf netto-null bis etwa 2038** besteht eine Chance, die globale Erwärmung auf 2,0-2,5 °C zu begrenzen.

Das entspricht einem **jährlichen Abbau von etwa 7% ggü. der THG-Emissionen** von 2023. Dies ist durch das 2,0 °C Ziel des Pariser Klimavertrags gedeckt und gefordert, mit erprobten sowie kommerziell verfügbaren Technologien **möglich**, für Deutschland **klar rentabel** und vermutlich für viele andere Länder auch. Ein solch klarer Pfad schafft zudem Planbarkeit für alle, der nicht durch eigene Sofortprogramme, EU-Auflagen oder Gerichtsentscheidungen durchbrochen wird – und leistet damit auch einen Beitrag, das Vertrauen in verlässliches Regierungshandeln zu erhalten.

Ein jährlicher Abbau der THG-Emissionen von 7% auf netto-Null bis 2038 ist aber weder mit den aktuellen Klimamaßnahmen in Deutschland noch mit der Summe der Klimamaßnahmen anderer Länder leistbar³⁶. Insofern besteht **Handlungsbedarf zur früheren Umsetzung von netto-null** THG-Emissionen und entsprechender Anpassung der nationalen Klimapläne **in Deutschland und weltweit**.

³⁵ Die letzten verfügbaren THG-Emissionen für Deutschland sind laut deutscher Klimaberichterstattung sind für 2023 und betragen in 2023 674 Mio. to CO₂-Äq. (s. [„Treibhausgas-Emissionen in Deutschland“](#), Umweltbundesamt, Mai 2024). Sollten diese 2024 und 2025 nicht gestiegen sein, sind sie bei linearer Absenkung 2026-2038 bis 2030 um 38% (5/13) auf 415 Mio. to CO₂-Äq zu senken. Das Klimaschutzgesetz sieht bis 2030 eine Senkung der THG-Emissionen 1995 von 1.251 Mio. to CO₂-Äq um 65% auf 438 Mio. to CO₂-Äq vor.

³⁶ Nach Einschätzung des Expertenrats für Klimafragen der Bundesregierung reichen die von der Bundesregierung bisher beschlossenen bzw. umgesetzten Maßnahmen nicht für die Einhaltung des THG-Emissionssziels für 2030 noch nicht aus. S. 14, [„Zweijahresgutachten 2024“](#), Expertenrat für Umweltfragen, Februar 2025. Nach Einschätzung von Climate Analytics im Climate Action Tracker erzielen die derzeit weltweit beschlossenen bzw. umgesetzten Maßnahmen maximal 9% Senkung der THG-Emissionen bis 2038 und die Erreichung festgelegter oder diskutierter Ziele („optimistic scenario“) maximal 27% Senkung (s. [„Emissions Pathways to 2100“](#), Climate Analytics, November 2024) – anstatt der nach dieser Studie erforderlich 100%, um die globale Erwärmung auf 2,0-2,5 °C zu beschränken.

3.4 Aussagen der World Meteorological Organization

Die World Meteorological Organization (WMO) veröffentlichte im März 2025³⁷, dass auf Basis von drei wesentlichen Lösungsansätzen, nicht ex post sondern zeitnah das Erreichen von Schwellenwerten zu festzustellen, in 2024 dauerhaft eine globale Erwärmung von wahrscheinlich („best estimate“) 1,34-1,41 °C und möglicherweise über 1,5 °C erreicht worden ist

Wenn man die jährliche Zunahme der globalen Erwärmung der letzten 10 Jahre von durchschnittlich 0,06 °C pro Jahr für die Folgejahre zu diesen „best estimates“ addiert, ergibt sich ein dauerhaftes Überschreiten von 1,5 °C globaler Erwärmung in Zeitraum 2026-2027, gegenüber dem in dieser Studie ermittelten Zeitraum von 2024-2025. Das bestätigt die Grundaussagen dieser Studie, dass

- das 1,5 °C Ziel des Pariser Klimavertrags nicht mehr haltbar ist
- diese Schwelle ggf. schon 2024 und wahrscheinlich in 1-2 Jahren erreicht ist.

Die Spanne der „best estimates“ laut dieser Studie ist 1,48-1,61 °C (beide Werte aus Kapitel 3.2, der Erwartungswert nach Kapitel 3.3 liegt dazwischen). Warum die von der WMO genannten Lösungsansätze im „best estimate“ 0,14-0,20 °C unter dieser Studie liegen, ist aus den dort hinterlegten Quellen nicht klar ersichtlich. Die Quellen enthalten jedoch die u.a. Indikationen, dass bei deren Lösungsansätzen noch nicht vollen Eingang gefunden haben:

- Die starke globale Ist-Erwärmung auf 1,48 °C in 2023 und 1,60 °C in 2024.
- Die in den letzten 20 Jahren deutlich beschleunigte Erwärmung. Auch in der Literatur gibt es Hinweise, dass etablierte und vom IPCC aktuell im Rahmen des CMIP6 genutzte Klimamodelle das zunehmende Erwärmungstempo der letzten Jahrzehnte noch nicht hinreichend berücksichtigen³⁸.

Erster von der WMO genannter Lösungsansatz

Der Lösungsansatz sieht vor, die Periode von 20 Jahren, aus deren Durchschnittswert sich laut IPCC ableitet, ob ein Schwellenwert stabil übertroffen worden ist, aus dem Mittelwert von Ist-Daten basierten Werten für die letzten 10 Jahre sowie einer Simulation der Temperaturen in den kommenden 10 Jahren ableitet³⁹.

Wenn dabei angesetzt werden für den Durchschnitt der globalen Erwärmung der

- letzten 10 Jahre die durchschnittliche Ist-Erwärmung 2015-2024 von 1,28 °C

³⁷ S. 22-24, [“State of the Global Climate 2024”](#), WMO, März 2025

³⁸ s. [“Steady global surface warming from 1973 to 2022 but increased warming rate after 1990”](#) veröffentlicht in nature, Samset/Zhou, November 2023

³⁹ [„Approaching 1.5 °C: how will we know we’ve reached this crucial warming mark?“](#) veröffentlicht in nature, Betts/Belcher/u.a., Dezember 2023

- kommenden 10 Jahre (2025-2034) 1,28 °C plus weitere 0,04 °C pro Jahr⁴⁰ ergibt sich für 2024 die prognostizierte globale Erwärmung von 1,38 °C. Dies deckt sich mit dem von der WMO angegebenen Wert von 1,37 °C.

Diese Werte implizieren, dass die Anwendung dieses Lösungsansatzes folgenden Annahmen entspricht:

- Die jährliche globale Erwärmung ist für die nächsten 10 Jahre dieselbe wie im Durchschnitt der letzten 20 Jahre.
- Keine zunehmende Erwärmung im Laufe des letzten Jahrzehnts, da mit 1,28 °C der Durchschnitt der letzten 10 Jahre als Aufsetzpunkt für die Erwärmung in 2025-2034 gewählt ist.

Damit scheint dieser Lösungsansatz weder die steigende Erwärmung noch deren Beschleunigung hinreichend zu berücksichtigen.

Zweiter von der WMO genannter Lösungsansatz

Der Lösungsansatz sieht vor, die historischen Ist-Daten mit einer mathematischen Funktion möglichst treffend abzubilden und mit dieser Funktion dann die zukünftige Temperaturentwicklung zu extrapolieren.

Genau dies wurde in Kapitel 3.3 mit linearen, quadratischen und exponentiellen Funktionen gemacht und die Funktion mit dem besten Fit (exponentiell) dann dieser Studie zugrunde gelegt, mit dem Ergebnis einer prognostizierten globalen Erwärmung von 1,48 °C für 2024 und eines Mittelwertes von 1,53-1,59 °C für den 20-Jahre-Zeitraum in dessen Mitte 2024 liegt.

Für 2024 wird bei der Berechnung nach dieser Methode von der WMO stattdessen eine globale Erwärmung von 1,41°C ausgewiesen. In der von der WMO zu dieser Methode angegebenen Quelle ist die Rede davon, für die Extrapolation eine lineare Funktion zu nutzen. Das kann die Abweichung erklären, da eine lineare Funktion die steigende jährliche Erwärmung weniger treffend abbildet als eine exponentielle Funktion und deshalb auch eher unterschätzt.

Dritter von der WMO genannter Lösungsansatz

Der Lösungsansatz sieht vor, den anthropogenen Emissions-Beitrag in der historischen Temperaturentwicklung zu isolieren, diesen mit sozio-ökonomischen Modellen des IPCC in die Zukunft fortzuschreiben und das Gesamtergebnis wiederum mit Klimamodellen fortzuschreiben.

In der Zusammenfassung der dazu von der WMO bei dieser Methode genannten Quelle wird eine durchschnittlichen jährliche Erwärmung von 0,26 °C in den Jahren 2014-2023 genannt, mit einer Schwankungsbreite von 0,2 bis 0,4 °C⁴¹.

⁴⁰ Dies war die durchschnittliche Ist-Erwärmung pro Jahr in den letzten **20** Jahren (2005-2024).

⁴¹ „[Indicators of Global Climate Change 2023](#)“, Forster/Smith/u.a., Juni 2024

Während die jährliche Erwärmung im Jahrzehnt 2013-2022 tatsächlich 0,26 °C betrug, stieg diese im Jahrzehnt 2015-2024 auf 0,61 °C und lag auch in den letzten 20 Jahren bei durchschnittlich 0,40 °C. Insofern scheinen hier nicht aktuelle Daten zur niedrigeren, von der WMO zitierten Einschätzung beizutragen.

Insgesamt konstatiert die WMO, dass die Methoden, wie das Überschreiten von Schwellenwerten vor Ende eines 20 Jahreszeitraums festgestellt werden kann und sollte, noch im Fluss sind, und hat einen Arbeitsprozess mit internationalen Experten aufgesetzt, um diese Methoden näher auszuarbeiten.

Insofern erscheint aus diesen von der WMO zitierten Ergebnissen noch kein konkreter Anlass zur Anpassung der Ergebnisse dieser EWG-Studie ableitbar.

4. Anlagen

4.1. Anlage 1 - Jährliche globale Erwärmung seit 1965

Datenquellen sind der Copernicus Climate Change Service der Europäischen Union und der National Oceanic & Atmospheric Administration der USA⁴².

Tabelle 3 – Globale Erwärmung gegenüber der vorindustriellen Zeit

Jahr	globale Erwärmung (°C)	Jahr	globale Erwärmung (°C)	Jahr	globale Erwärmung (°C)
1964	0,11	1984	0,40	2004	0,81
1965	0,17	1985	0,36	2005	0,97
1966	0,25	1986	0,45	2006	0,92
1967	0,26	1987	0,60	2007	0,92
1968	0,20	1988	0,64	2008	0,79
1969	0,33	1989	0,52	2009	0,92
1970	0,30	1990	0,75	2010	1,01
1971	0,15	1991	0,69	2011	0,87
1972	0,29	1992	0,46	2012	0,92
1973	0,39	1993	0,51	2013	0,95
1974	0,11	1994	0,54	2014	0,99
1975	0,14	1995	0,72	2015	1,14
1976	0,07	1996	0,59	2016	1,32
1977	0,35	1997	0,71	2017	1,22
1978	0,30	1998	0,90	2018	1,14
1979	0,45	1999	0,63	2019	1,28
1980	0,58	2000	0,63	2020	1,31
1981	0,62	2001	0,80	2021	1,16
1982	0,42	2002	0,89	2022	1,18
1983	0,61	2003	0,87	2023	1,48
1984	0,40	2004	0,81	2024	1,60

Tabelle 4 – Sich aus Tabelle 3 ergebende durchschnittliche globale Erwärmung und durchschnittliche Zunahme der globalen Erwärmung

globale Erwärmung (°C)	durchschnittlich	Zunahme pro Jahr
1965-1984	0,319	0,015
1985-2004	0,653	0,020
2005-2024	1,104	0,040
2015-2024	1,283	0,061
2019-2024	1,345	0,064

⁴² CO₂-äquivalente ppm an Treibhausgasen; s. Table 2, "[Annual Greenhouse Gas Index \(AGGI\)](#)", Global Monitoring Lab, der National Oceanic & Atmospheric Administration der U.S.A.

4.2. Anlage 2 - Monatliche globale Erwärmung seit 2023

Tabelle 5 - Die monatlich globale Erwärmung seit Anfang 2023⁴³

Jahr	Monat	Globale Erwärmung	El Niño La Niña
2023	Januar	1,21	La Niña
	Februar	1,25	-
	März	1,46	-
	April	1,23	-
	Mai	1,27	El Niño
	Juni	1,36	El Niño
	Juli	1,52	El Niño
	August	1,51	El Niño
	September	1,74	El Niño
	Oktober	1,70	El Niño
	November	1,74	El Niño
	Dezember	1,77	El Niño
2024	Januar	1,66	El Niño
	Februar	1,77	El Niño
	März	1,68	El Niño
	April	1,58	El Niño
	Mai	1,52	-
	Juni	1,50	-
	Juli	1,48	-
	August	1,51	-
	September	1,54	-
	Oktober	1,65	-
	November	1,62	-
	Dezember	1,69	-
2025	Januar	1,75	-
	Februar	1,59	-
	März	1,60	-

Tabelle 6 - Die El Niño (rot) und El Niña (blau) Monate seit Anfang 2023⁴⁴

Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
2023	-0,70	-0,40	-0,10	0,20	0,50	0,80	1,10	1,30	1,60	1,80	1,90	2,00
2024	1,80	1,50	1,10	0,70	0,40	0,20	0,00	-0,10	-0,20	-0,30	-0,40	-0,50
2025	-0,60	-0,40										

Globale Erwärmung ggü. der vorindustriellen Zeit, s. „[Annual Temperature Anomalies since 1967](#)“, Copernicus Climate Change Service (C3S) der Europäischen Union.

⁴³ Daten zu El Niño Monaten aus Tabelle 6. Daten zur globalen Erwärmung aus „[Global surface air temperature increase \(°C\) above the average for the pre-industrial reference period \(1850–1900\) for each month from January 1940 to December 2024](#)“ in „[Copernicus: 2024 is the first year to exceed 1.5°C above pre-industrial level](#)“, Copernicus Climate Change Service, Januar 2025

⁴⁴ „[Cold & Warm Episodes by Season](#)“, National Weather Service der US-Regierung, März 2025.

4.3 Anlage 3 - Globale THG-Konzentrationen 2004-2023

Die Prognose- und Ist-Werte sind in der Einheit ppm CO₂-äq dargestellt⁴⁵.

Tabelle 7 – Ist-Werte der THG-Konzentration und Prognosewerte nach Kapitel 3.3.2 a

Jahr	Prognose	Ist
2004	467	466
2005	469	469
2006	472	472
2007	475	475
2008	478	478
2009	481	481
2010	484	484
2011	487	487
2012	491	490
2013	495	494
2014	498	498
2015	502	502
2016	506	507
2017	510	510
2018	514	514
2019	518	518
2020	522	522
2021	526	526
2022	530	530
2023	534	534
2024	539	
2025	543	
2026	548	
2027	552	
2028	556	
2029	561	
2030	566	
2031	570	
2032	575	
2033	580	
2034	584	
2035	589	
2036	594	

⁴⁵ Die Ist-Werte sind Table 2 entnommen aus [The NOAA Annual Greenhouse Gas Index \(AGGI\)](#), Global Monitoring Lab der National National Oceanic and Atmospheric Administration der USA, Sommer 2024. Die Prognosewerte sind aus der in Kapitel 3.3.2 gewählten Funktion mit dem besten Fit zu den Ist-Daten abgeleitet.

4.3. Anlage 4 – Daten lineare Hochrechnung

Tabelle 8 – Jährliche Werte aus linearer Hochrechnung nach Kapitel 3.2

Jahr	Jährlich Erwärmung 2011-2024 Ist-Daten und 2025-2035 lineare Hochrechnung mit Aufsetzpunkt		Dauerhafte globale Erwärmung mit Aufsetzpunkt	
	1,35 °C	1,60 °C	1,35 °C	1,60 °C
2020	1,31	1,31	1,30	1,37
2021	1,16	1,16	1,34	1,43
2022	1,18	1,18	1,39	1,49
2023	1,48	1,48	1,43	1,55
2024	1,60	1,60	1,48	1,61
2025	1,41	1,66	1,53	1,67
2026	1,47	1,72	1,56	1,72
2027	1,53	1,78	1,61	1,77
2028	1,59	1,84	1,66	1,84
2029	1,65	1,90	1,71	1,90
2030	1,71	1,97	1,76	1,97
2031	1,77	2,03	1,82	2,04
2032	1,83	2,09	1,89	2,12
2033	1,90	2,15	1,94	2,18
2034	1,96	2,21	1,99	2,24
2035	2,02	2,27	2,05	2,30

Die roten Werte sind die Jahre, in denen 1,5 °C und 2,0 °C globale Erwärmung überschritten sind.

4.4. Anlage 5 – Daten Hochrechnung mit exponentieller Funktion

Tabelle 9 – Jährliche Werte aus exponentieller Hochrechnung nach Kapitel 3.3

(°C)	Erwärmung im jeweiligen Jahr (Ist-Daten bis 2024, dann exponentielle Funktion +/- 1,5 SD)			Dauerhafte Erwärmung (20-Jahresdurchschnitt um jew. Jahr)		
Jahr	von	erwartet	bis	von	erwartet	bis
2005	0,97	0,97	0,97			
2006	0,92	0,92	0,92			
2007	0,92	0,92	0,92			
2008	0,79	0,79	0,79			
2009	0,92	0,92	0,92			
2010	1,01	1,01	1,01			
2011	0,87	0,87	0,87			
2012	0,92	0,92	0,92			
2013	0,95	0,95	0,95			
2014	0,99	0,99	0,99	1,10	1,10	1,10
2015	1,14	1,14	1,14	1,12	1,13	1,14
2016	1,32	1,32	1,32	1,15	1,17	1,18
2017	1,22	1,22	1,22	1,18	1,21	1,23
2018	1,14	1,14	1,14	1,22	1,25	1,29
2019	1,28	1,28	1,28	1,26	1,30	1,34
2020	1,31	1,31	1,31	1,30	1,35	1,39
2021	1,16	1,16	1,16	1,35	1,40	1,46
2022	1,18	1,18	1,18	1,40	1,46	1,52
2023	1,48	1,48	1,48	1,45	1,52	1,59
2024	1,60	1,60	1,60	1,50	1,58	1,66
2025	1,39	1,55	1,71	1,56	1,64	1,73
2026	1,46	1,62	1,78	1,60	1,70	1,80
2027	1,53	1,69	1,85	1,66	1,77	1,87
2028	1,60	1,76	1,92	1,73	1,84	1,95
2029	1,67	1,83	1,99	1,79	1,91	2,03
2030	1,75	1,91	2,07	1,86	1,99	2,12
2031	1,83	1,99	2,15	1,94	2,08	2,22
2032	1,91	2,07	2,24	2,03	2,18	2,32
2033	2,00	2,16	2,32	2,11	2,26	2,42
2034	2,09	2,25	2,41	2,19	2,35	2,51
2035	2,18	2,34	2,51	2,28	2,44	2,60
2036	2,28	2,44	2,60			
2037	2,38	2,54	2,70			
2038	2,48	2,64	2,80			
2039	2,59	2,75	2,91			
2040	2,69	2,85	3,02			
2041	2,81	2,97	3,13			
2042	2,92	3,08	3,24			
2043	3,04	3,20	3,36			
2044	3,16	3,32	3,48			
2045	3,28	3,44	3,60			

Die roten Werte sind die Jahre, in denen 1,5 °C und 2,0 °C globale Erwärmung überschritten sind.

4.5. Anlage 6 – Nachlaufende Effekte

Wenn THG-Emissionen auf netto-null reduziert werden, gibt es mehrere nachlaufende Effekte⁴⁶:

- Mit der Verbrennung fossiler Energieträger entstehen Sulphate als Aerosole. Diese haben eine kühlende Wirkung in der Erdatmosphäre, die dann entfällt. Die Aerosole bleiben – anders als CO₂ – nicht lange in der Atmosphäre.
- Parallel dazu entfällt aber auch die aufheizende Wirkung anderer kurzlebiger THG, die ganz überwiegend durch Erzeugung und Verbrennung fossiler Energieträger entstehen. Diese Stoffe und deren Aufheizeffekt sind laut IPCC:
 - die THG Methan, N₂O und Halogenen
 - das THG Ozon

Zudem ist eine Latenz in der globalen Erwärmung zu erwarten, die nach aktuellem Stand ein Maximum frühestens 10 Jahre nach erfolgter Steigerung der THG-Konzentration hat^{47,48}.

⁴⁶ S. 961/962 i.V.m. 959, [“Climate Change 2021 – The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the 6th Assessment Report of the IPCC”](#), Masson-Delmotte/Zhai/u.a., 2021

⁴⁷ [“Maximum warming occurs about one decade after a carbon dioxide emission”](#) in iopscience, Ricke/Kaldeira, Dezember 2014

⁴⁸ S. 620, [“Climate Change 2021 – The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the 6th Assessment Report of the IPCC”](#), Masson-Delmotte/Zhai/u.a., 2021