

Die energiepolitische Geisterfahrt Deutschlands

geschrieben von Admin | 27. April 2024

Aus dem Anstieg der weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen ist inzwischen ein leichter Abfall geworden, aber die CO₂-Gehalte der Atmosphäre steigen unvermindert weiter an: ein Abgesang auf die Wirkung der anthropogenen CO₂-Emissionen

Dr. Erhard Beppler

Fazit

Der „Weltklimarat der Vereinten Nationen“ (IPCC) stellt in seinem „Sechsten Sachstandsbericht“ vom März 2023 u.a. folgendes fest: „Die vom Menschen verursachten Emissionen an Treibhausgasen – primär Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) – haben eindeutig zu einer Erwärmung des Klimas in noch nie dagewesenem Ausmaß geführt...“ „Es ist technisch wie ökonomisch nach wie vor möglich, die globale Erwärmung entsprechend des Übereinkommens von Paris auf 1,5 °C bis zum Jahre 2100 zu begrenzen“.

In einem Bild dieses „Sachstandsberichtes“ wird aufgezeigt, wie durch den Abbau der weltweiten etwa 55 Milliarden Tonnen Treibhausgase auf null in 2100 eine Absenkung der Temperatur um 1,5 °C erreicht werden soll.

Die weltweiten Anstrengungen zum Abbau der anthropogenen CO₂-Emissionen haben inzwischen sogar zu einem leichten Abstieg geführt: aber die CO₂-Gehalte der Atmosphäre steigen nicht nur unvermindert weiter an sondern seit 2000 sogar vermehrt, d.h. die Absenkung der anthropogenen CO₂-Emissionen hat keinen Einfluss auf die Absenkung der CO₂-Gehalte der Atmosphäre und damit auch nicht auf die Absenkung der Temperatur.

Zur kritischen Sichtung dieser Aussage wurden die weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen in anthropogene Gasmengen umgerechnet und gemeinsam mit den gemessenen CO₂-Gehalte der Atmosphäre ab 1870 dargestellt.

Es zeigt sich, dass von 1870 bis 2020 die CO₂-Gehalte der Atmosphäre von 290 auf 410 ppm (0,0410%) ansteigen, wobei der anthropogene Anteil am CO₂- Gesamtgehalt der Atmosphäre in 2020 nur 4,75 ppm ausmacht, d.h. $120 \cdot 4,75 = \text{rd. } 115$ ppm werden durch natürliche CO₂-Quellen verursacht (CO₂-Löslichkeit Meere, Vulkane, etc.).

Dabei war der anthropogene CO₂-Anstieg durch die niedrigen CO₂-Emissionen bis 1950 noch vernachlässigbar und stieg dann von 1950 bis 2020 auf 4,75 ppm an – oder $4,75 \text{ ppm}/70 \text{ Jahre} = 0,07 \text{ ppm/a}$.

Dieser jährliche marginale CO₂-Anstieg über die anthropogenen CO₂-Emissionen ist nicht messbar, so dass schon aus diesem Grunde eine Beziehung zwischen dem Anstieg der anthropogenen CO₂-Einträge in die

Atmosphäre und den CO₂-Gehalten der Atmosphäre nicht gefunden werden kann. (s.o.)

Wenn das IPCC den Temperaturanstieg durch Abbau der sog. anthropogenen Klimagase in 2100 auf null setzen will, so kann sich diese Maßnahme nur in einer Absenkung der CO₂-Gehalte der Atmosphäre von 4,75 ppm auf null ppm in 2100 äußern, was gleichzeitig bedeutet, dass eine messbare Temperaturabnahme über Wunschdenken nicht hinaus -kommt.

Damit stellt sich auch die Frage nach der Sinnhaftigkeit der CCS-Technik.

Ungeachtet dieser vernachlässigbaren anthropogenen CO₂-Gehalte der Atmosphäre wird das bei der Verstromung anfallende CO₂ aus Braunkohle, Steinkohle, Erdgas, etc. über CO₂-Zertifikate verteuert (55 (in 2024) – 80 (in 2023) Euro/Tonne CO₂), was die Stromherstellkosten massiv erhöht. Hinzu kommt, dass der Anteil Deutschlands an diesen 4,75 ppm gerade einmal 0,1 ppm (0,000 01%) ausmacht. Um diese nicht messbaren 0,1 ppm abzubauen, werden Billionen Euro ausgegeben – die Industrie steht vor der Wahl zwischen Insolvenz und Auslandsproduktion und wandert ab, die Menschen verarmen.

Wie schrieb Madame de Stael Anfang des 19. Jahrhunderts „Deutschland ist das Land der Dichter und Denker“ – leider wird das Denken in Deutschland in hohem Ausmaß eingestellt und eher Ideologien gefolgt. (In dieser Betrachtung ist nicht die hohe Anzahl an politisch und finanziell motivierten Klimaprofiteuren eingeschlossen einschließlich der Verbreitung ihrer Ziele durch die Medien).

So hat auch der „Europäische Gerichtshof für Menschenrechte“ erstmals ein Menschenrecht auf Klimaschutz anerkannt und verurteilte die Schweiz (als Nichtmitglied der Europäischen Union). Geklagt hatte ein „Verein Klimaseniorinnen Schweiz“ mit Unterstützung der Umweltorganisation Greenpeace.

Dieser Vorgang liegt auf der Linie des Deutschen Bundesverfassungsgerichtes.

1. Einleitung

Der Streit um die Wirkung des CO₂-Gehaltes in der Atmosphäre auf die Temperatur der Erdatmosphäre erhitze die Gemüter.

Auslöser für diesen Streit waren insbesondere die Aussagen des „Weltklimarates der Vereinten Nationen“ (IPCC) mit der Feststellung, dass ausschließlich die vom Menschen verursachten CO₂-Emissionen für den Temperaturanstieg der Atmosphäre seit dem Beginn des industriellen Zeitalters Mitte des 19. Jahrhunderts verantwortlich seien.

Im Folgenden wird auf der Basis von gemessenen Daten sowie einfachen Stoffbilanzen und nicht auf der Basis von Modellen der Frage des Einflusses der anthropogenen CO₂-Emissionen auf den Anstieg der CO₂-Gehalte der Atmosphäre sowie dem Temperaturanstieg nachgegangen.

2. Entwicklung des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre in den vergangenen 600 Millionen Jahren

Die CO₂-Gehalte der Atmosphäre schwankten in der Erdgeschichte in weiten Grenzen. (Bild 1) Lagen sie um 500 Millionen Jahren vor heute bei etwa 7000 ppm (0,7%), so fielen sie im Zeitalter des Carbon (um 300 Millionen

vor heute) stark ab (starkes Pflanzenwachstum) auf fast die heutige Höhe. Die Gehalte stiegen dann wieder an und fielen ab etwa 200 Mio. Jahren bis auf die heutigen CO₂-Gehalte von etwa 420 ppm (0,0420%) wieder ab.

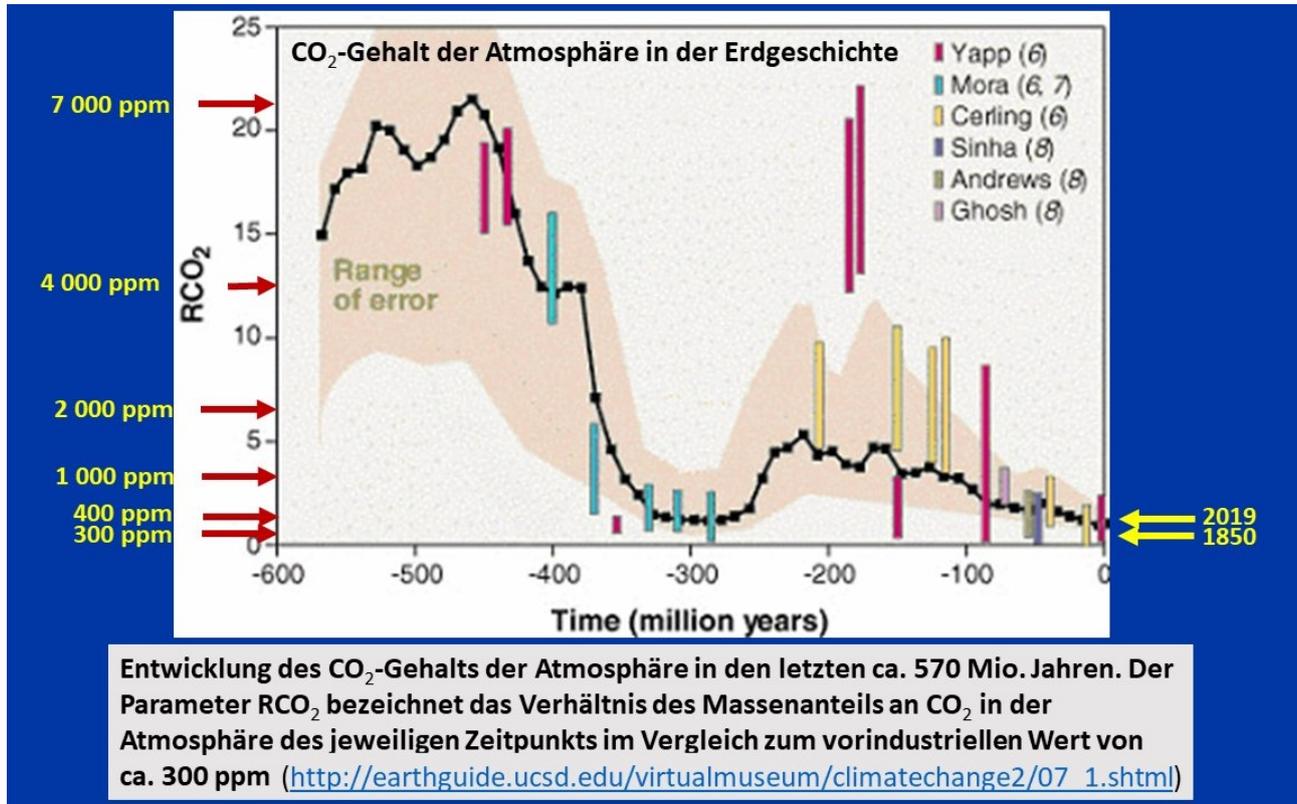


Bild 1: Entwicklung der CO₂-Gehalte in den letzten 570 Mio. Jahren

Die Temperaturen der Atmosphäre bewegen sich in dieser Zeit um 21 und 22 °C. (1)(2)

Mitte des 19. Jahrhunderts lagen die CO₂-Gehalte bei etwa 300 ppm (Bild 1) und sind bis heute auf etwa 420 ppm angestiegen, also um 120 ppm. Vorgreifend auf das nächste Kapitel ist nach Aussage des IPCC dieser CO₂-Anstieg von 120 ppm von etwa 1850 bis heute ausschließlich auf die weltweiten anthropogenen Treibhausgase zurückzuführen.

Weiterhin führt nach der Aussage des IPCC ein Abbau der weltweiten sog. anthropogenen Treibhausgase auf null zu einem Abfall der Temperaturen der Atmosphäre um 1,5 °C. (vgl. Kapitel 3)

Wenn der Abbau von 120 ppm eine Absenkung der Temperatur um 1,5 °C bewirkt, müsste im Umkehrschluss die Temperatur vor 500 Mio. Jahren bei $1,5 \text{ °C} / 120 \text{ ppm} \times 7000 \text{ ppm} = 87,5 \text{ °C}$ gelegen haben.

Diese Aussage ist natürlich genau so unwissenschaftlich wie die Aussage des IPCC, dass ein Abbau der weltweiten Treibhausgase auf null zu einer Temperaturabnahme von 1,5 °C führen würde. (vgl. später)

3. Zu der Vorstellung des IPCC zur Wirkung von anthropogenen Treibhausgas-Emissionen auf die Temperatur

Das IPCC gibt in bestimmten Zeiträumen sog. „Sachzustandsberichte“ heraus.

Der letzte, der „Sechste Sachzustandsbericht des Weltklimarates des

IPCC“, wurde im März 2023 veröffentlicht.

Aus diesem sollen hier zunächst einige Aussagen zitiert werden:

1. „Die vom Menschen verursachten Emissionen an Treibhausgasen (THG) – primär Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) – haben eindeutig zu einer Erwärmung des Klimas in noch nie dagewesenem Ausmaß geführt, wobei die mittlere globale Oberflächentemperatur im Zeitraum 2011- 2020 um 1,1°C über dem Wert von 1850-1900 lag“.

2. „Es ist technisch wie ökonomisch nach wie vor möglich, die globale Erwärmung auf – entsprechend des Übereinkommens von Paris – auf 1,5°C bis zum Jahre 2100 zu begrenzen“.

In einer Darstellung des IPCC wird im „sechsten Zustandsbericht“ der Weg der Absenkung der anthropogenen Treibhausgas-Emissionen von etwa 55 Mrd. t bis auf null in 2100 gegen die zu erwartende Absenkung der Temperatur über die Zeit aufgetragen. Dabei werden verschiedene modellierte Pfade der Absenkung der anthropogenen Treibhausgas-Emissionen und ihre zeitliche Wirkung auf die Temperatur diskutiert. (Bild 2)

Limiting warming to 1.5°C and 2°C involves rapid, deep and in most cases immediate greenhouse gas emission reductions

Net zero CO₂ and net zero GHG emissions can be achieved through strong reductions across all sectors

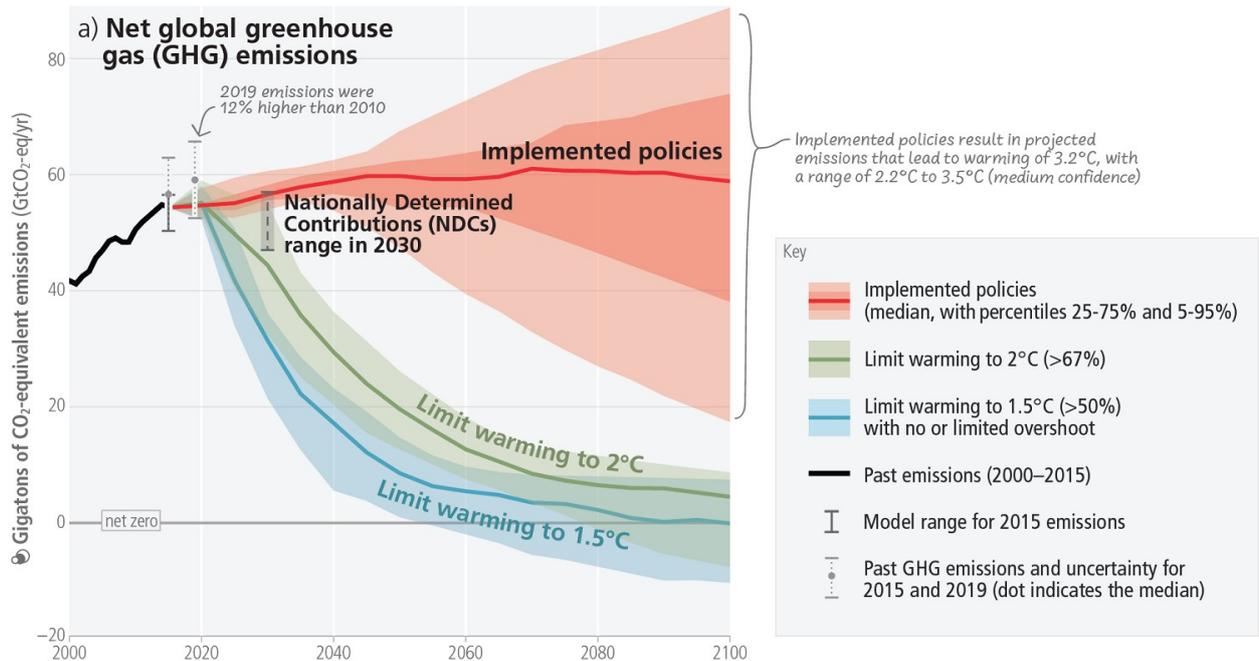


Bild 2: Einfluss der Absenkung der anthropogenen Treibhausgase und ihr Einfluss auf die Temperatur (IPCC)

Dabei wird u.a. der erforderliche Weg der Geschwindigkeit der Absenkung der anthropogenen Treibhausgas -Emissionen auf die globale Erwärmung von 1,5 °C bis 2100 aufgezeigt.

4. Stagnation der weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen durch die weltweiten Maßnahmen zu ihrer Absenkung sowie ihre Wirkung auf die CO₂-Gehalte der Atmosphäre

Im Folgenden wird die Betrachtung der sog. CO₂-Äquivalent-Emissionen wie

in Bild 2 nicht weitergeführt, da die Wirkung der CO₂-Anteile als Hauptverursacher für den Treibhauseffekt gesehen wird. Bild 3 zeigt zunächst die unterschiedlichen Bemühungen der verschiedenen Länder zur Absenkung der CO₂-Emissionen. Besonders auffallend ist die Zunahme der CO₂-Emissionen in China. (3)

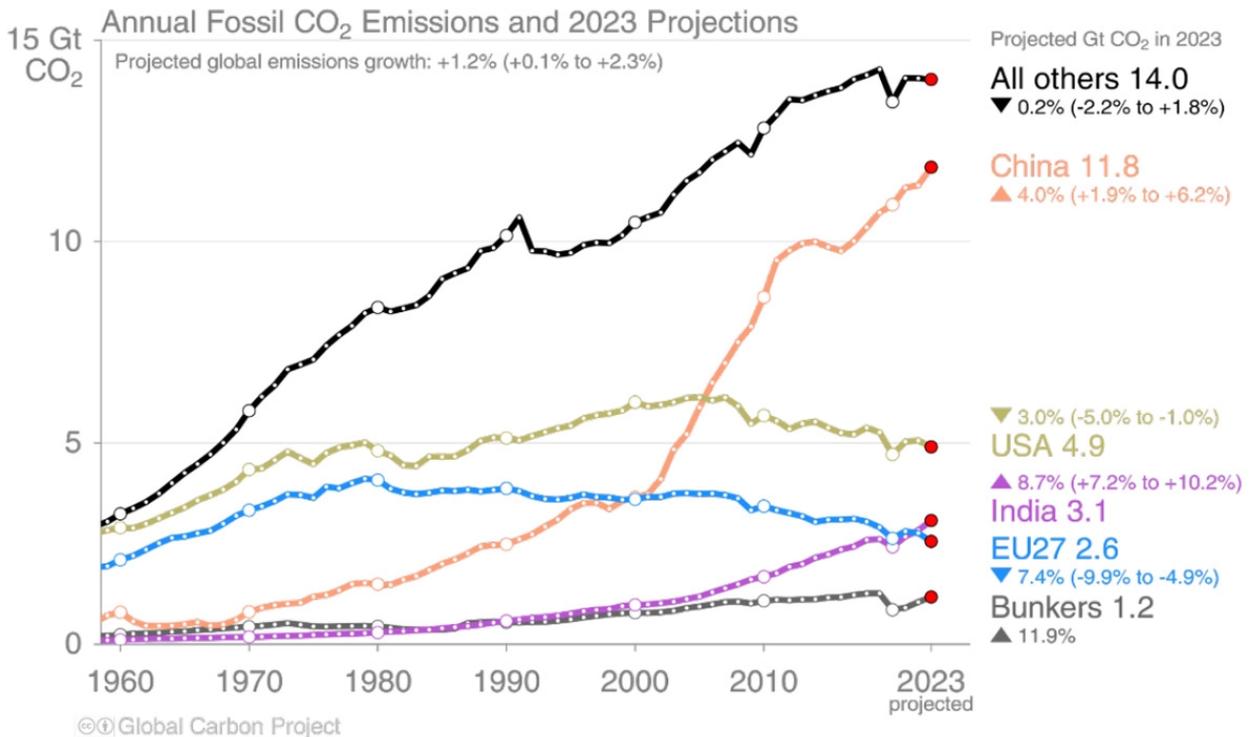


Bild 3: Absenkung der CO₂-Emissionen in den verschiedenen Länder

In Bild 4 sind die weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen aller Länder zusammengefasst. (Werte Statista bis 2022)

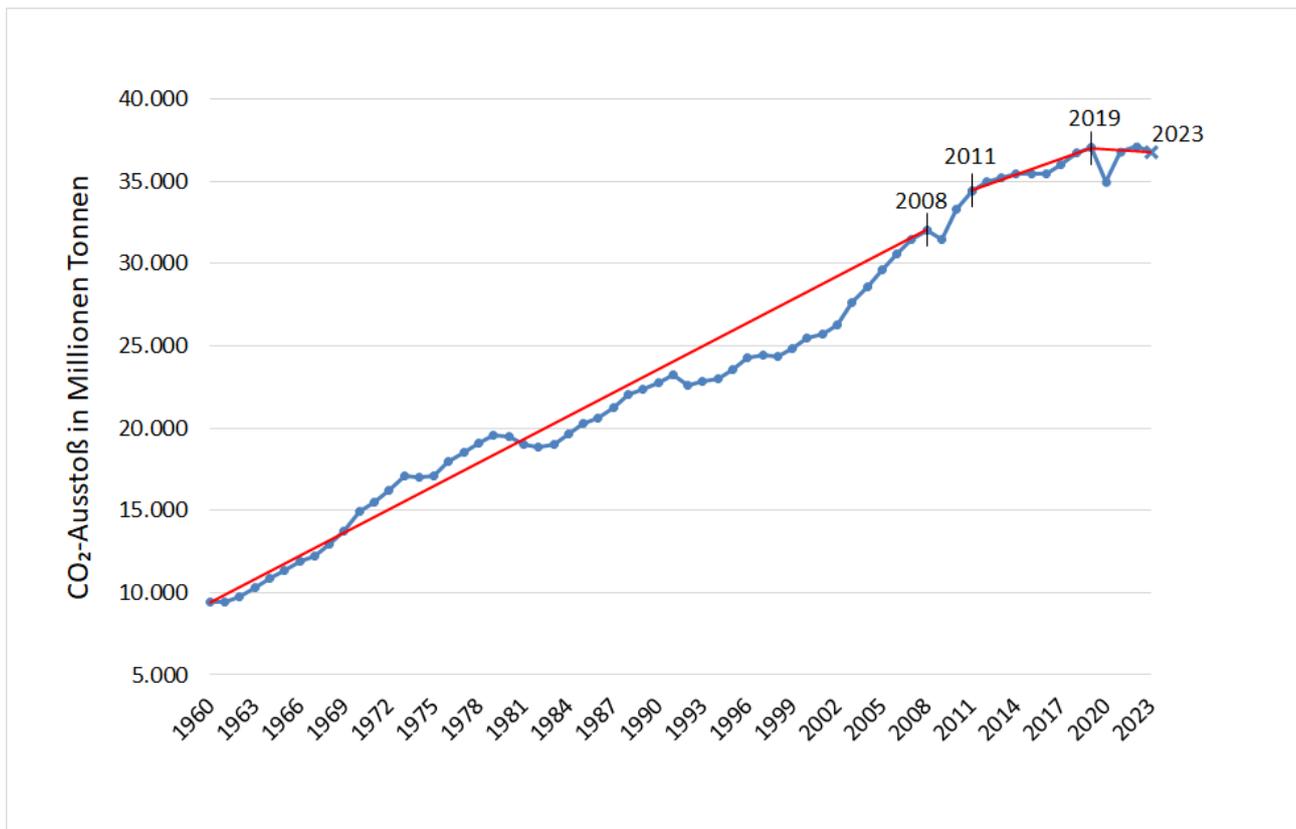


Bild 4: Entwicklung des weltweiten anthropogenen CO₂-Ausstoßes

Da Statista für die anthropogenen CO₂-Emissionen in 2023 noch keine Angaben gemacht hat, wurde für 2023 ein Mittelwert errechnet aus den Angaben der „International Energy Agency“ (37 400 Mio. t), der „Global Carbon Emissions“ (35 800 Mio. t) und der „wissenschaft.de (36 800 Mio. t) mit im Durchschnitt 36 700 Mio. t (im Bild mit einem Kreuz gekennzeichnet).

Die Entwicklung der weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen zeigt von 1960 bis 2023 eine starke Abflachung.

Die Entwicklung der Abflachung lässt sich wie folgt definieren:

1960- 2008: 478 Mio. t CO₂/a; 2011- 2019: 325 Mio. t CO₂/a; 2019- 2023: – 85 Mio. t CO₂/a.

Das Jahr 2009 wurde nicht in die Auswertung einbezogen, weil das Jahr als das Jahr des konjunkturellen Tiefganges bezeichnet wird, sichtbar an dem Einbruch der jährlichen CO₂-Emissionen.

Auch das Jahr 2020 wurde nicht in die Berechnung des Anstieges der weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen einbezogen, da bedingt durch Corona die Weltwirtschaft zurückgefahren werden musste:

die weltweiten CO₂-Emissionen lagen 2019 bei 37 040 Mio. t CO₂/a, in 2020 bei 35 008 Mio.t CO₂/a (Statista), entsprechend einer Absenkung von 5,5%.

Wie bereits in früheren Arbeiten nachgewiesen, konnten bei dieser nicht unerheblichen Absenkung des CO₂-Eintrages in der Atmosphäre auch nicht die geringsten Auswirkungen auf die gemessenen CO₂-Gehalte der Atmosphäre nachgewiesen werden. (4-7)

Wenn nun in dieser Auswertung der Anstieg der weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen in 1960 bis 2008 auf 100% (478 Mio. t CO₂/a) gesetzt

wird, so errechnet sich für den Zeitraum 2019 bis 2023 sogar ein leichter Abfall von 18% (- 85 Mio. t CO₂/a).

Daraus kann zunächst abgeleitet werden, dass das Bestreben der Weltgemeinschaft zur Absenkung des CO₂-Anstieges deutliche Früchte trägt.

Die deutschen anthropogenen CO₂-Emissionen im Vergleich zu den weltweiten Emissionen liegen wie folgt:

	1990	2023
	Mio. t.CO ₂	Mio. t CO ₂
Deutschland	992 (CO ₂ -Äqui. 1251)	628 (CO ₂ -Äqui. 674)
weltweit einschließlich Deutschland	22 753	36 700
Anteil Deutschlands in %:	4,4	1,7

Wenn nun nach Bild 4 der Anstieg der weltweiten CO₂-Emissionen bis 2023 nicht nur gegen null gegangen ist sondern sogar leicht abfällt, müsste dann nach der Vorstellung des IPCC auch der Anstieg des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre nicht nur gegen null gehen sondern auch leicht abfallen. (vgl. Bild 2)

Bild 5 zeigt aber nun, dass die inzwischen leicht abfallenden weltweiten, anthropogenen CO₂-Emissionen auch nicht den geringsten Einfluss auf einen Abfall der CO₂-Gehalte der Atmosphäre ausüben (vgl. auch Corona-Jahr) – im Gegenteil: die CO₂-Gehalte steigen nach 2000 sogar leicht an.

Damit fällt das IPCC-Gebäude mit der Aussage, dass mit der Abnahme der in die Atmosphäre eingebrachten anthropogenen CO₂-Emissionen die CO₂-Gehalte der Atmosphäre abfallen und damit auch die Temperatur, hoffnungslos zusammen.

Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre (Monatsmittelwerte)

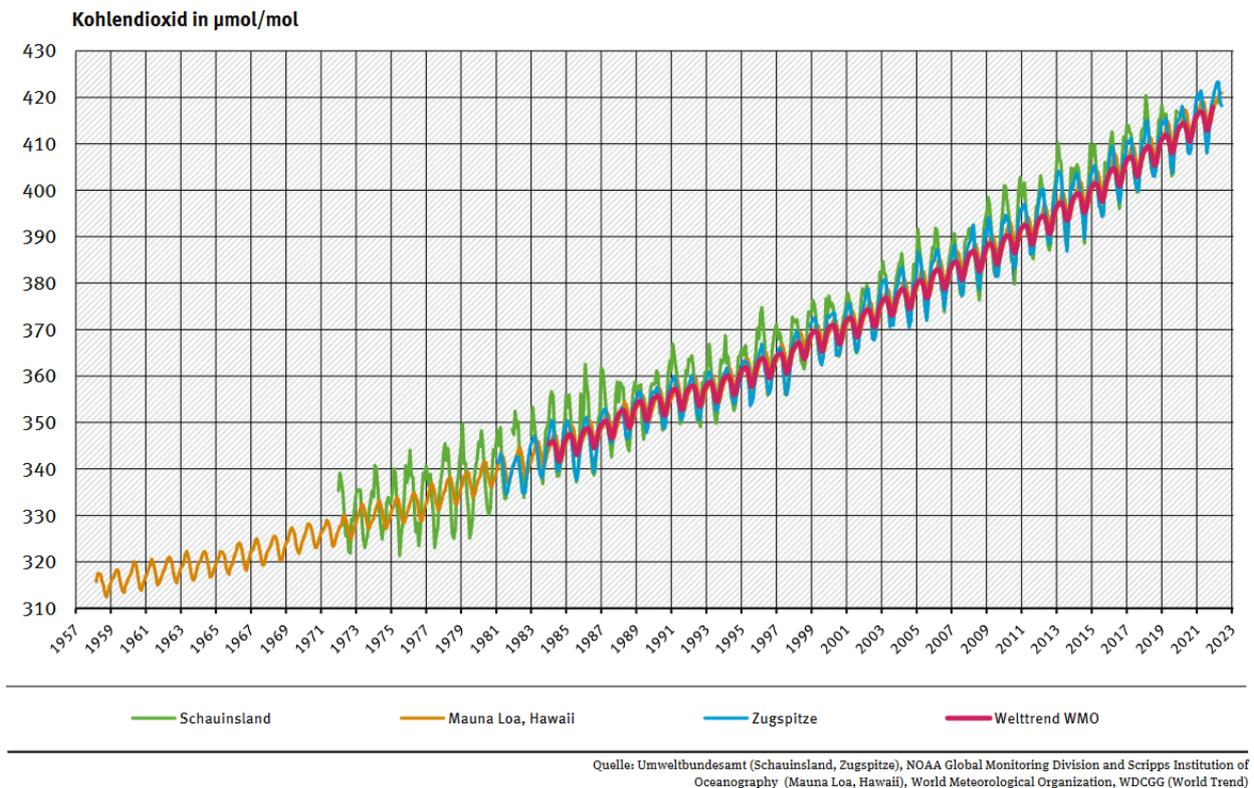
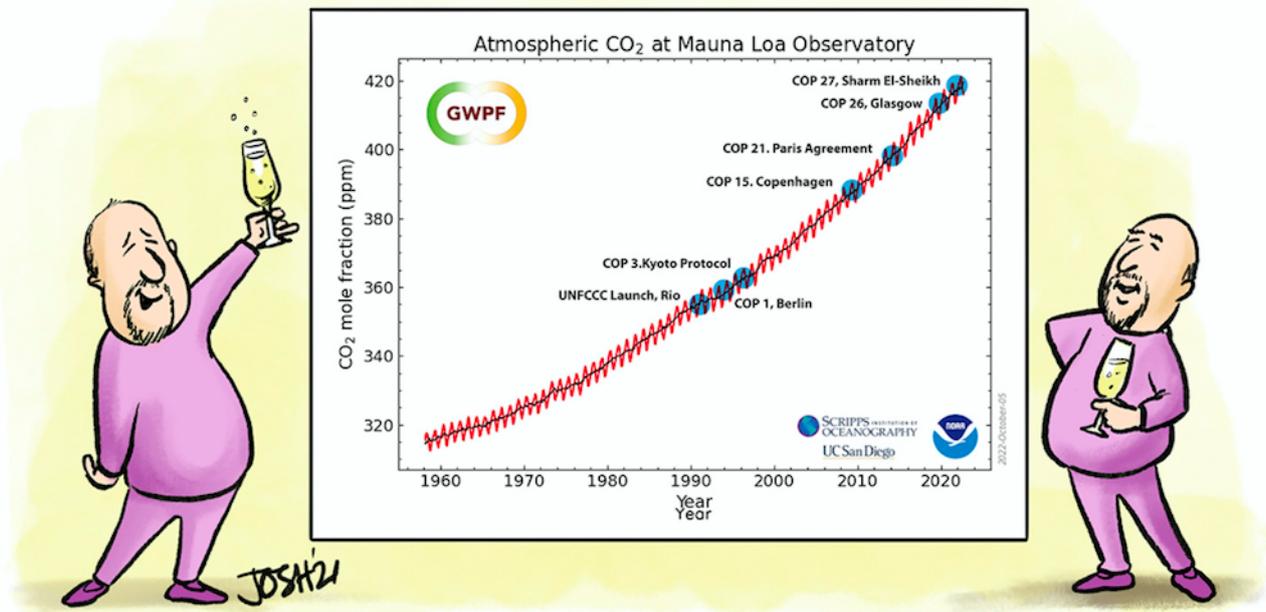


Bild 5: Entwicklung der CO₂-Gehalte der Atmosphäre nach 1957

Die in Bild 5 sichtbaren Sägezähne werden verursacht durch den Einfluss der Biosphäre (Photosynthese, etc.) auf die jährlichen Schwankungen der CO₂-Gehalte in der Atmosphäre mit Maxima jeweils im Mai und Minima im September. Die Höhe der Amplituden an den einzelnen Messstellen ist auf einen unterschiedlichen pflanzlichen Bewuchs (z. B. Wälder) zurückzuführen (siehe Schauinsland und Mauna Loa). Die kurzzeitigen Schwankungen weisen auf eine unmittelbare schnelle Durchmischung der CO₂-Gase mit der Atmosphäre hin.



OFFICIALS CELEBRATE THE NET ZERO SUCCESS OF 32 YEARS OF CLIMATE POLICIES

Bild 6: Einfluss der zahllosen Tagungen des IPCC auf die Absenkung der CO₂-Gehalte der Atmosphäre

Bild 6 beschreibt eindeutig die vielen hoffnungslosen Versuche eines vom Einfluss der weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen auf den Temperaturanstieg der Atmosphäre beseelten „Weltklimarates der Vereinten Nationen“, dass außer schönen Reisen die Abnahme der weltweiten CO₂-Emissionen auf den CO₂-Gehalt der Atmosphäre keinen Einfluss hat und damit ebenso wenig auf die Temperatur (vgl. Bild 2).

5. Anteil der weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen am CO₂-Anstieg der Atmosphäre

In den bisherigen Ausführungen wurde unabhängig voneinander lediglich die Entwicklung der weltweiten CO₂-Emissionen mit dem Einfluss auf die CO₂-Gehalte der Atmosphäre diskutiert ohne eine Betrachtung der Frage, welches Ausmaß eigentlich der Eintrag der anthropogenen CO₂-Emissionen zum Anstieg des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre beitragen kann.

In früheren Arbeiten (8) war der CO₂-Zuwachs der Atmosphäre aus dem weltweiten anthropogenen CO₂-Eintrag in die Atmosphäre von 1870 bis 2020 mit den gemessenen CO₂-Gehalte dargestellt worden (Bild 7), ausgehend von 870 Gt Kohlenstoff in der Atmosphäre (6. Sachstandsbericht des IPCC, Fig. 5.12; vgl. auch (9)).

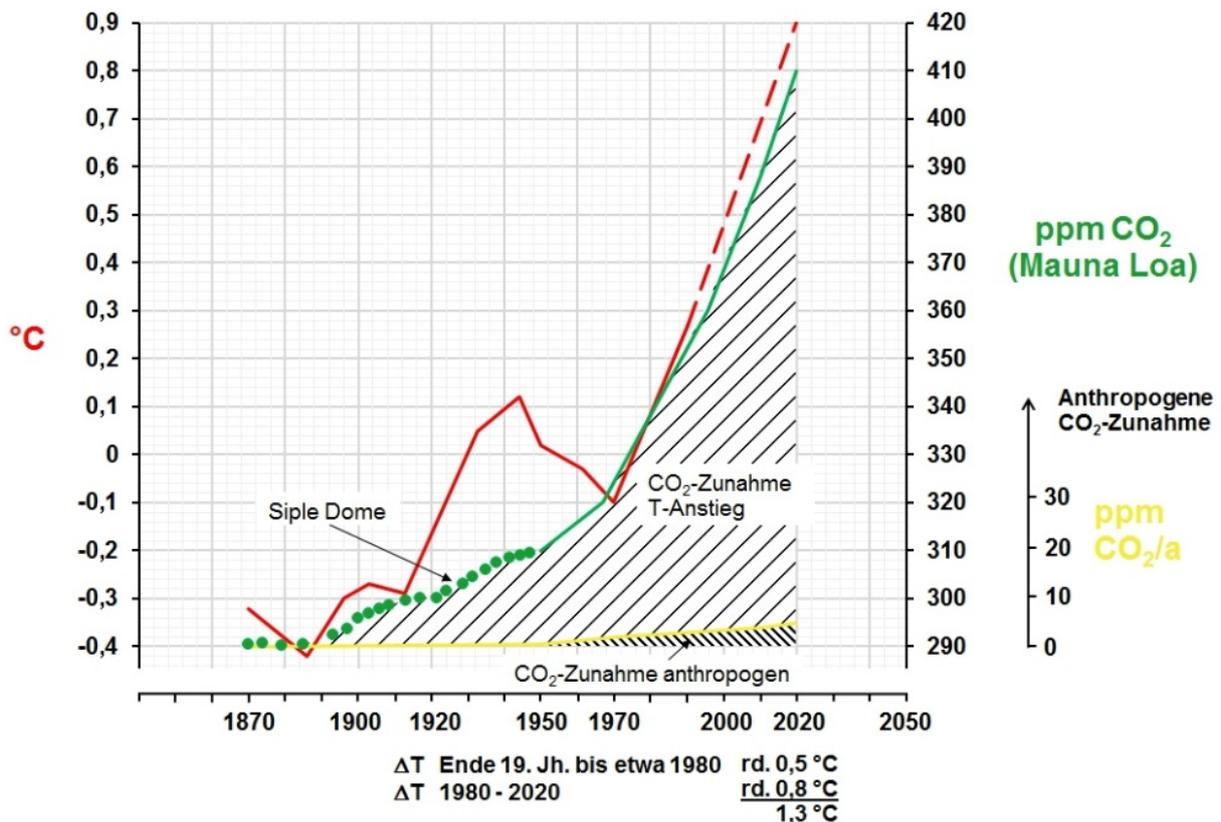


Bild 7: Anstieg der gemessenen und über die anthropogenen CO₂-Emissionen in die Atmosphäre eingebrachten CO₂-Gehalte

Wie bereits erwähnt, steigen die CO₂-Gehalte der Atmosphäre von 1870 bis 2020 um 120 ppm von 290 - 410 ppm an.

Die in 2020 eingebrachten anthropogenen CO₂-Emissionen in die Atmosphäre liegen bei 35 008 Mio. t CO₂. Daraus errechnen sich 4,75 ppm CO₂/a über diesen CO₂-Eintrag. (vgl. Bild 7)

Somit gilt: $410 - 290 - 4,75 = \text{rd. } 115 \text{ ppm}$, die auf natürliche CO₂-Quellen zurückzuführen sind. (CO₂-Löslichkeit Meere, Vulkane, etc.)

Aus Bild 7 wird weiter deutlich, dass vor 1950 der CO₂-Anstieg der Atmosphäre durch den CO₂-Eintrag über die weltweiten anthropogenen CO₂-Emissionen noch vernachlässigbar ist. Ein merklicher Anstieg erfolgt erst nach 1950 bis auf 4,75 ppm in 2020 – oder $4,75 \text{ ppm}/70 \text{ Jahre} = 0,07 \text{ ppm/a}$ (vgl. auch (7)).

Dieser marginale jährliche CO₂-Eintrag in die Atmosphäre ist nicht messbar, so dass schon aus diesem Grunde eine Beziehung zwischen den jährlichen anthropogenen CO₂-Emissionen und dem CO₂-Gehalt der Atmosphäre nicht gefunden werden kann. (vgl. Kapitel 4)

Wenn das IPCC den Temperaturanstieg durch Abbau der sogenannten Klimagase in 2100 auf null setzen will (Bild 2), so kann sich diese Maßnahme nur in einer Verminderung der CO₂-Gehalte der Atmosphäre von 4,75 ppm CO₂ in 2020 auf null in 2100 äußern, was wiederum bedeutet, dass eine messbare Temperaturabnahme über Wunschdenken nicht hinaus kommt. Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre aus natürlichen Quellen überragt alles.

Damit stellt sich auch die Frage nach der Sinnhaftigkeit der CCS-

Technik.

Zum Schluss stellt sich noch die Frage an das IPCC, wie die Entwicklung der Temperatur nach der letzten Eiszeit erklärt werden könnte (Bild 8), wohl kaum über den Einfluss von anthropogenen CO₂-Emissionen. (Die CO₂-Gehalte der Atmosphäre lagen damals nach Messungen an Eisbohrkernen bei etwa 280 ppm).

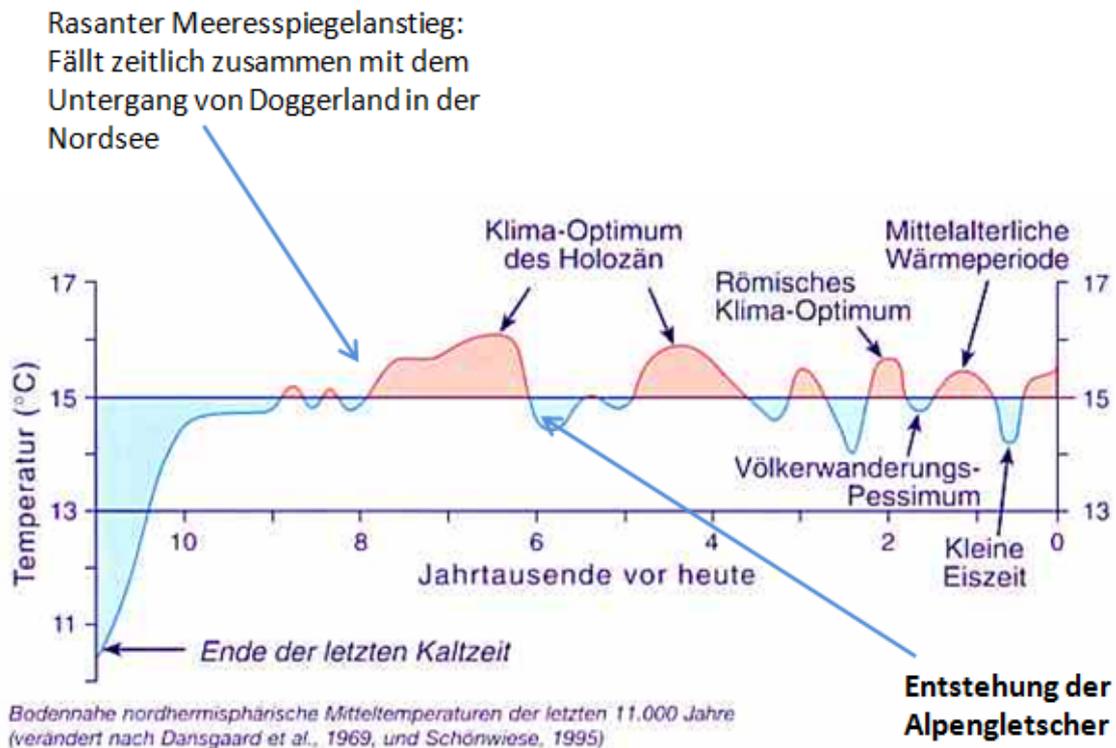


Bild 8: Entwicklung der Warmphasen nach der letzten Eiszeit

6. Schlussbetrachtung

Vor diesem Hintergrund wird das bei der Verstromung von Braunkohle, Steinkohle, Erdgas, etc. freiwerdende CO₂ ohne jeden Bezug zu ihren Anteilen in der Atmosphäre bepreist über sog. CO₂-Zertifikate in Euro/t CO₂.

Die Preisentwicklung dieser Zertifikate stieg von 25 Euro/t CO₂ in 2020 auf etwa 80 in 2023 an und fiel durch die zunehmende Deindustrialisierung in 2024 wieder ab auf etwa 55 Euro/t CO₂. Das führt z.B. bei der Stromerzeugung über die heimische Braunkohle bei Herstellkosten von 3 ct./KWh zu einer Verteuerung durch die CO₂-Zertifikate von etwa 7 (in 2023) bzw. 5 ct./KWh (in 2024).

Für die Stromherstellung über Wind wird den Herstellern eine Einspeisevergütung von 7,35 ct/KWh garantiert, den über Solaranlagen 11-13 ct/KWh.

Hinzu kommt, dass Deutschland bis 2045 klimaneutral sein will bei einem Anteil an den CO₂-gehalten der Atmosphäre in 2020 über deutsche anthropogene CO₂-Emissionen von etwa 2% (Kapitel 5). 2% von 4,75 ppm CO₂ in 2020 entsprechen $4,75 \times 0,02 = 0,1$ ppm oder 0.000 01% (nicht messbar).

Um diese 0,1 ppm abzubauen, werden Billionen Euro ausgegeben – die Industrie steht vor der Wahl zwischen Insolvenz und Auslandsproduktion und wandert ab, die Menschen verarmen.

Außerdem können bei einer Klimaneutralität in Deutschland die ausschließlich geforderten Wind- und Solaranlagen naturgemäß selten dem Strombedarf angepassten Strom liefern: es sollen zunächst Gaskraftwerke die Lücken schließen (die aber nicht ausreichen), die dann in 2045 auf Wasserstoff umgestellt werden sollen – die Kernkraftwerke wurden bereits geschlossen.

Die Kosten für diese Umstellung auf Wasserstoff sind hoffnungslos. (10) Außerdem müssen für die permanent auftretenden Stromlücken über die Stromerzeuger Wind und Sonne (z.B. nachts bei Windstille) ständig sichere konventionelle Stromerzeuger bereit stehen, um einer für ein Industrieland wie Deutschland tödlichen Stromunterversorgung entgegen zu wirken.

Nun hat auch noch der Bundesrechnungshof die Stromversorgung in Deutschland am 7.März diesen Jahres für unsicher erklärt, außerdem für nicht bezahlbar und auch nicht umweltverträglich.

Der Bundesrechnungshof schreibt weiter: „Es fallen bis 2045 massive Investitionen von mehr als 460 Milliarden Euro für den Ausbau der Stromnetze an, 6,5 Milliarden Euro pro Jahr für das Netzanpassungsmanagement (Redispatch).“

7. Quellen

1. Vögele, D.: „Der C-Kreislauf – ein neuer umfassender Ansatz“, EIKE, 21.08.2017
2. May, A.: EIKE, 22.07.2022
3. Bild der Wissenschaft: „CO₂-Bilanz zeigt neue Rekorde“, 05.12.2023
4. Beppler, E.: „Zur Fragwürdigkeit der Gründe für den angeblichen anthropogenen CO₂-Anstieg in der Atmosphäre und zum möglichen Einfluss auf das Klima“; EIKE, 18.10.2020
5. Limburg, M.: „Weltweite COVID19 begründete Lockdowns ändern am Anstieg der CO₂-Konzentrationen nichts – WMO fordert trotzdem CO₂ Reduktion zu verstärken“; EIKE, 30.10.2021
6. Wojick, D.: „CLINTEL listet die Fehler des IPCC für TOP26 auf“; EIKE, 02.11.2021
7. Spencer, C.: „Anthropogenes CO₂ nebst den erwarteten Folgen einer Eliminierung desselben“; EIKE, 28.03.2022
8. Beppler, E.: „Quantifizierung des marginalen anthropogenen CO₂-Gehaltes in der Atmosphäre – ein seit Jahren überfälliger Schritt“; EIKE, 16.12.2020
9. Wikipedia: Kohlenstoffzyklus
10. Beppler, E.: „Kosten von H₂ und die Reduktion mit H₂ bei der Stahlerzeugung“, EIKE, 27.02.2024