

Weitere Fragen an ChatGPT

geschrieben von Chris Frey | 31. März 2024

Prof. Dr. Klaus-D. Döhler

Ich habe heute dem künstlichen Intelligenzprogramm ChatGPT einige Fragen zum Thema CO₂ gestellt. Bei richtiger Fragestellung erhält man durchaus sinnvolle Antworten:

Frage an ChatGPT: Warum werden Aquarien mit CO₂ begast?

ChatGPT: Aquarien werden oft mit CO₂ begast, um den Pflanzen im Aquarium zusätzliches Kohlendioxid zur Verfügung zu stellen. Kohlendioxid ist ein wichtiger Nährstoff für Pflanzen, der ihnen hilft, durch Photosynthese zu wachsen und Sauerstoff zu produzieren. Durch das Zuführen von CO₂ können Aquariumpflanzen gesünder wachsen und die Wasserqualität verbessern.

Frage an ChatGPT: Warum gäbe es ohne CO₂ kein Leben auf der Erde?

ChatGPT: Ohne CO₂ gäbe es kein Leben auf der Erde, weil Kohlendioxid eine wesentliche Rolle im Kreislauf des Lebens spielt. Pflanzen benötigen CO₂ für die Photosynthese, bei der sie Kohlenhydrate produzieren und Sauerstoff freisetzen. Sauerstoff ist wiederum für die Atmung von Tieren, einschließlich Menschen, essentiell. Der Kohlenstoff, der durch die Photosynthese in Pflanzen eingefangen wird, gelangt in die Nahrungsketten und -netze und bildet die Grundlage für das gesamte Ökosystem. Ohne CO₂ würde dieser lebenswichtige Prozess zum Stillstand kommen, und das Leben, wie wir es kennen, könnte nicht existieren.

Frage an ChatGPT: Welche Stoffwechsellvorgänge stimuliert CO₂ im menschlichen Körper?

ChatGPT: CO₂ spielt eine wichtige Rolle im Stoffwechsel des menschlichen Körpers, insbesondere im Zusammenhang mit der Regulation des pH-Werts im Blut und Gewebe. Wenn CO₂ im Körper entsteht, reagiert es mit Wasser, um Kohlensäure zu bilden, was wiederum den pH-Wert beeinflusst. Dieser pH-Wert ist entscheidend für die normale Funktion von Enzymen und anderen biochemischen Prozessen im Körper.

Des Weiteren spielt CO₂ eine wichtige Rolle bei der Regulation der Atmung. Ein Anstieg des CO₂-Gehalts im Blut stimuliert die Atmung, was dazu führt, dass mehr CO₂ aus dem Körper entfernt wird, um einen normalen pH-Wert aufrechtzuerhalten und eine Ansammlung von

CO₂ im Blut zu verhindern.

Darüber hinaus ist CO₂ an anderen Stoffwechselprozessen beteiligt, wie z. B. der Regulation des Hämoglobins im Blut, das Sauerstoff transportiert, sowie bei der Regulation des Säure-Basen-Haushalts und der Durchblutung.

Frage an ChatGPT: Kann der Mensch ohne CO₂ überleben?

ChatGPT: Nein, der Mensch kann nicht ohne CO₂ überleben. CO₂ ist ein natürliches Produkt des Stoffwechsels im menschlichen Körper. Es entsteht als Nebenprodukt bei verschiedenen Stoffwechselprozessen, insbesondere bei der Atmung und der Energiegewinnung aus Nährstoffen. Der Körper muss das produzierte CO₂ durch die Atmung aus dem Körper entfernen, da eine Ansammlung von CO₂ im Blut zu einer Verschiebung des Säure-Basen-Gleichgewichts und letztendlich zu lebensbedrohlichen Zuständen führen kann. Also ist CO₂ für den menschlichen Organismus unerlässlich, aber eine übermäßige Ansammlung kann gefährlich sein.

Frage an ChatGPT: Was würde passieren, wenn man alles CO₂ aus der Luft entfernt?

ChatGPT: Wenn man alles CO₂ aus der Luft entfernen würde, hätte dies schwerwiegende Auswirkungen auf das Leben auf der Erde. Hier sind einige mögliche Folgen:

1. ***Treibhauseffekt und Klima*:** CO₂ ist ein Treibhausgas, das zur Erwärmung der Erdatmosphäre beiträgt. Ohne CO₂ würde der Treibhauseffekt stark abnehmen, was zu extremen Temperaturschwankungen führen könnte.
2. ***Pflanzenwachstum*:** Pflanzen benötigen CO₂ für die Photosynthese, bei der sie Kohlenhydrate produzieren und Sauerstoff abgeben. Ohne CO₂ würden Pflanzen nicht mehr in der Lage sein, zu wachsen, und das Ökosystem würde zusammenbrechen.
3. ***Ozeanversauerung*:** Ein erheblicher Teil des von Menschen emittierten CO₂ wird von den Ozeanen aufgenommen. Ohne CO₂ in der Atmosphäre würde der Ozean weniger CO₂ aufnehmen, was zu einer geringeren Versauerung führen könnte. Dies hätte jedoch auch komplexe Auswirkungen auf marine Lebensräume und Organismen.
4. ***Atmung*:** Menschen und andere Tiere produzieren CO₂ als Nebenprodukt ihres Stoffwechsels. Ohne CO₂ in der Luft könnten Tiere nicht normal atmen und würden ersticken.

Insgesamt würde das Entfernen von CO₂ aus der Luft dramatische Veränderungen auf der Erde zur Folge haben und könnte das Leben, wie wir es kennen, unmöglich machen.

Frage an ChatGPT: Ich frage mich seit geraumer Zeit, weshalb die Vereinten Nationen, die Europäische Union und die deutsche Bundesrepublik durch das Entfernen von CO₂ aus der Luft das Leben, wie wir es kennen, unmöglich machen wollen.

Jetzt hat ChatGPT gemerkt worauf ich hinaus will, nämlich ChatGPT dazu zu bringen, die Bekämpfung von CO₂ als kontraproduktiv für das Leben auf der Erde zu akzeptieren. Ab jetzt antwortet mir ChatGPT nicht länger wahrheitsgemäß, sondern mit den Standardfloskeln der Klima-Alarmisten:

ChatGPT: Es ist wichtig zu verstehen, dass die Vereinten Nationen, die Europäische Union und die deutsche Bundesrepublik sich eher darauf konzentrieren, den CO₂-Ausstoß zu reduzieren, anstatt CO₂ aus der Luft zu entfernen. Der Hauptgrund dafür ist, dass CO₂ als Haupttreibhausgas identifiziert wurde, das maßgeblich zum Klimawandel beiträgt. Der Klimawandel hat bereits erhebliche Auswirkungen auf das Leben auf der Erde, darunter Extremwetterereignisse, steigende Meeresspiegel, Verlust von Biodiversität und vieles mehr. Die Bemühungen zur Reduzierung von CO₂-Emissionen sind darauf ausgerichtet, diese Auswirkungen zu begrenzen und die negativen Folgen des Klimawandels einzudämmen.

Es gibt verschiedene Ansätze zur Reduzierung von CO₂-Emissionen, darunter die Förderung erneuerbarer Energien, Energieeffizienzmaßnahmen, die Förderung nachhaltiger Landwirtschaftspraktiken und die Einführung von Technologien zur Kohlenstoffabscheidung und -speicherung. Einige Organisationen und Regierungen könnten auch über Möglichkeiten zur direkten Entfernung von CO₂ aus der Luft nachdenken, aber dies wird normalerweise als ergänzende Maßnahme betrachtet, nicht als Hauptstrategie.

Es ist wichtig, den Klimawandel als eine der größten Herausforderungen unserer Zeit anzuerkennen und gemeinsam Maßnahmen zu ergreifen, um die CO₂-Emissionen zu reduzieren und eine nachhaltige Zukunft zu schaffen.

Prof. Dr. Klaus-D. Döhler, Hannover, 27.03.2024

Gibt es einen Atmosphärischen Treibhauseffekt? – Teil 2

geschrieben von Admin | 31. März 2024

Hermann Harde, Michael Schnell

Experimente mit Treibhausgasen

1. Versuchsaufbau für Messung mit Treibhausgasen

Im Ersten Teil des Artikels „Gibt es einen Atmosphärischen Treibhauseffekt“ wurde eine einfache Apparatur vorgestellt, die sich von einem Styroporblock in einen Strahlungskanal mit verschiedenen Oberflächenbeschichtungen umwandeln lässt. Mittelpunkt der Untersuchungen war eine heizbare, warme Platte, die gleichzeitig als Wärmequelle und Sensor fungierte. Es konnte nachgewiesen werden, dass rund 70 % der elektrischen Heizleistung durch Strahlungsaustausch und 30 % durch Wärmeleitung von der warmen Platte abgeführt werden.

Der neue Versuchsaufbau besitzt einen wesentlich größeren Strahlungskanal aus poliertem Aluminium als Behälter für die untersuchten Gase. Ähnlich wie beim vorherigen Aufbau befinden sich zwei Platten an beiden Enden des Strahlungskanals, eine obere Platte mit der Fläche A_E , im weiteren als Erdplatte bezeichnet, die auf 30 °C erwärmt wird, und eine gekühlte Platte am Boden (Atmosphärenplatte, Atm-Platte), die auf -11,4 °C stabilisiert ist. Die Erdplatte befindet sich in einer Kuppel, die von außen mit warmen Wasser auf 30 °C erwärmt wird, wodurch Wärmeleitungsverluste weitgehend ausgeschlossen werden. Der Abstand der Platten beträgt 111 cm. Es werden keine zusätzlichen Lichtquellen im sichtbaren oder IR-Bereich verwendet, sondern nur die von den beiden Platten emittierte und mit den Gasen interagierende Strahlung untersucht (Abb. 1). Für weitere Details, siehe Harde & Schnell 2022 [1, 2].

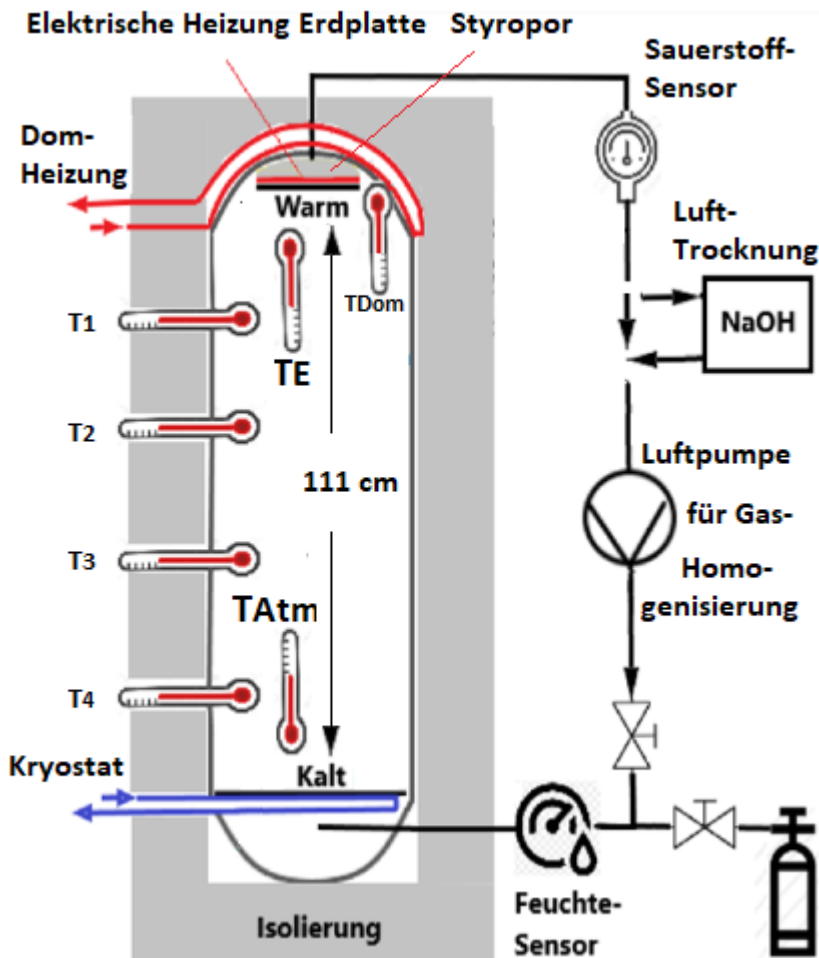


Abb. 1: Versuchsanordnung für die Messung mit Treibhausgasen.

Damit werden Bedingungen für den Strahlungsaustausch ähnlich dem Erde-Atmosphären-System (EASy) mit der wärmeren Erdoberfläche und der kälteren Atmosphäre simuliert. Es werden auch Probleme vermieden, die durch einen unpassenden Spektralbereich einer externen Quelle verursacht werden, durch die viel Abwärme im Behälter und an Fenstern erzeugt wird, die aber nur schlecht an die Absorptionsbanden der Treibhaus-Gase (TH-Gase) angepasst ist und hierdurch die Messempfindlichkeit deutlich verringert.

Für ein Probegas im Behälter ist die beheizte Erdplatte gleichzeitig IR-Strahlungsquelle und empfindlicher Detektor für die Rückstrahlung von TH-Gasen. Auf diese Weise wird die reine Strahlungswirkung der Gase als direkte Temperaturerhöhung ΔT_E der Erdplatte oder alternativ, bei stabilisierter (konstanter) Temperatur T_E , die Leistungseinsparung der Plattenheizung ΔH_E bzw. die zugehörige Heizintensität $\Delta I_H = \Delta H_E / A_E$ gemessen.

Dieser Aufbau ermöglicht weitgehend, Konvektion oder Wärmeleitung zu eliminieren und damit den direkten Einfluss von TH-Gasen unter ähnlichen Bedingungen wie in der unteren Troposphäre reproduzierbar zu

untersuchen. Eine spürbare Beeinflussung durch Wärmeleitung kann durch Kontrollexperimente mit Edelgasen ausgeschlossen werden [1, 2].

2. Einige physikalische Grundlagen

2.1 Spektrale Absorption und Emission

In guter Näherung kann angenommen werden, dass die Erdoberfläche, oder hier die geschwärzte Erdplatte und auch die Atm-Platte, als schwarze Körper mit einer Planck-Verteilung strahlen, die nur durch die Temperatur des Körpers bestimmt wird. Auf einer Wellenlängenskala erstreckt sich das jeweilige Spektrum von etwa $4 \mu\text{m}$ bis in den cm-Bereich, in reziproken Wellenlängen $1/\lambda$ als Wellenzahlen (Einheiten: cm^{-1}) von 10 bis 2.500 cm^{-1} .

a) Strahlung von Warm nach Kalt (Vorwärts-Strahlung)

Abb. 2 zeigt das emittierte Spektrum der Erdplatte für $T_E = 30 \text{ °C}$ (Rot). Anders als Stickstoff, Sauerstoff oder Edelgase können die TH-Gase Strahlung in diesem Spektralbereich absorbieren, aber bei ausreichender Temperatur des Gases auch emittieren. Für CO_2 z. B. findet die dominierende Wechselwirkung auf den Rotations-Vibrations-Übergängen der Knickschwingung um 670 cm^{-1} statt ($15 \mu\text{m}$).

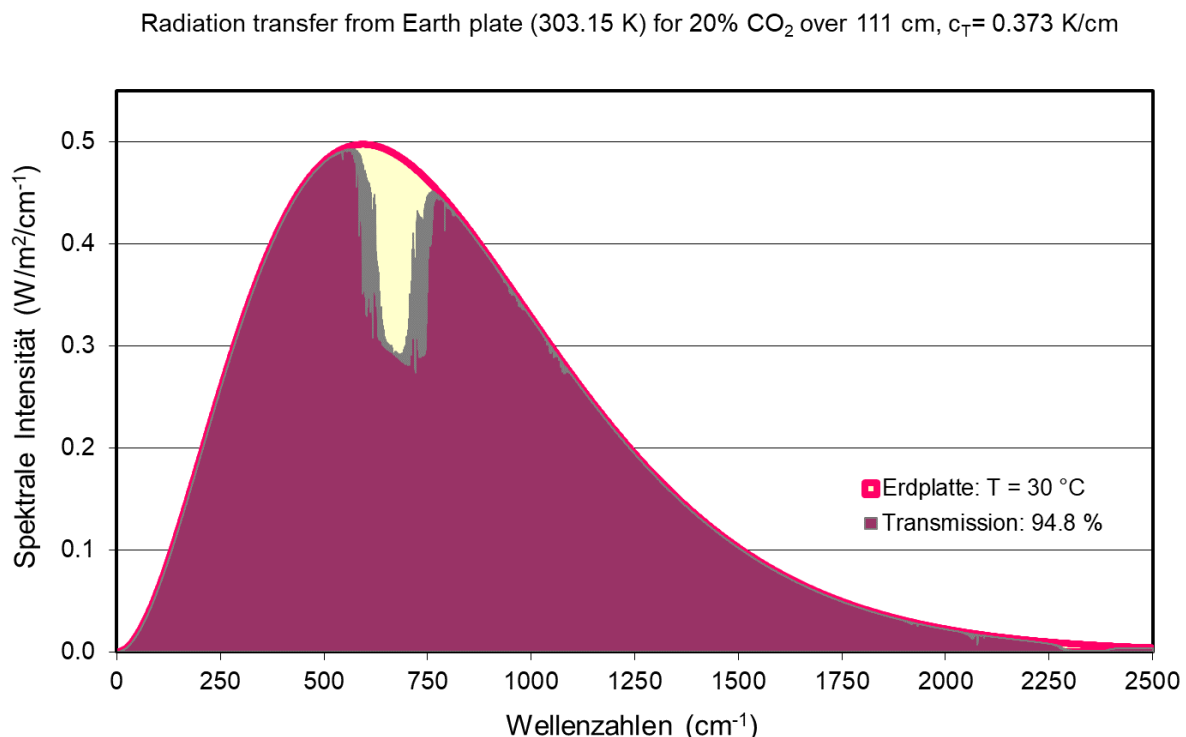


Abb. 2: Strahlungs-Transfer-Rechnung für 20 % CO_2 in trockener Luft über 111 cm bei einem Temperaturgradienten von $-0,373 \text{ °C/cm}$. Schwarzkörperstrahlung der Platte P_E ($T_E = 30 \text{ °C}$) (Rot Gelb), durchgelassene spektrale Intensität (Dunkelrot u. Grau).

Aufgrund dieser Wechselwirkung zeigt sich als Nettoeffekt, dass die spektrale Intensität auf dem Weg von der warmen zur kalten Platte über die Absorptionsbande kontinuierlich abgeschwächt wird (Gelb), in den Flanken der Bande durch schwächere Linien entsprechend geringere Verluste erleidet (Grau), dabei aber längst nicht so stark abklingt, wie für eine reine Absorption über diese Länge zu erwarten wäre. Für 20% CO₂ in trockener Luft ergibt sich dabei für die von der Erd-Platte emittierte Strahlung mit einer Gesamtintensität von 479 W/m² (Integral über spektrale Intensität) über den Ausbreitungsweg von 111 cm zur Atm-Platte und bei einem Temperaturgefälle von 0,373 °C/cm ($T_E = 30\text{ °C}$, $T_A = -11,4\text{ °C}$) eine Abschwächung um 25,1 W/m² oder relativ um 5,2 %. Absorption allein würde zu einer Abnahme um 73,6 W/m² (15,2 %) führen.

Solch eine Rechnung erfolgt in der Form, dass die Absorption und Emission in jeweils dünnen Schichten von $\Delta z = 1\text{ cm}$ ermittelt wird (Strahlungstransfer-(ST)-Rechnung, Schwarzschild-Gleichung). Für jede Schicht müssen hierzu die spektralen Änderungen, in diesem Fall von mehr als 12.000 Linien, mit ihren druck- und temperaturabhängigen Linienbreiten und Absorptions- bzw. Emissionskoeffizienten berechnet werden, um schließlich nach 111 Berechnungsschritten die transmittierte Intensität zu erhalten.

Dieser Strahlungstransfer entspricht Verhältnissen, wie sie von Satelliten-Messungen bekannt sind, die die ins All abgegebene Strahlung aufzeichnen und die durch den typischen Trichter um 670 cm^{-1} gekennzeichnet sind. In diesem Spektralbereich wird die einfallende Strahlung unter den gegebenen Bedingungen, in der Atmosphäre ebenso wie hier im Laborexperiment, fast vollständig absorbiert, und die beobachtete Intensität resultiert nur aus der thermischen Emission des Gases, das in größeren Höhen oder hier in der Nähe der Atm-Platte bei reduzierter Temperatur entsprechend schwächer strahlt. In diesem Fall absorbiert CO₂ von der Strahlung der P_E-Platte zunächst 73,6 W/m² und emittiert wieder 48,5 W/m², während im Gasvolumen eine Differenz von 25,1 W/m² verbleibt.

b) Strahlung von Kalt nach Warm (Rückstrahlung)

Für eine vollständige Strahlungsbilanz ist aber auch die Strahlung in Rückwärtsrichtung von der Atm-Platte zur Erdplatte zu berücksichtigen, die für die hier durchgeführten Untersuchungen zum Treibhaus-Effekt (TH-Effekt) von besonderem Interesse ist. Dies ist in Abb. 3 dargestellt.

Aufgrund des positiven Temperaturgradienten über den Ausbreitungsweg wird jetzt beim Durchqueren der Gasschicht die Strahlung mit einer Anfangsintensität von 266 W/m² (Blaue Linie, $T_A = -11,4\text{ °C}$) um 24,2 W/m² 'verstärkt', die dem Gasvolumen entnommen werden. Die Eigenstrahlung des Gases in Richtung der wärmeren Erdplatte kann klar als Peak um 670 cm^{-1} (Dunkelrot mit grauen Flanken) über dem breiteren Spektrum der Atmosphärenplatte identifiziert werden. Auf den stärkeren Linien in der Bandenmitte erreicht die Gasemission bereits volle Sättigung mit

spektralen Intensitäten vergleichbar zu der spektralen Emission der Erdplatte (rote Linie) in diesem Spektralbereich. Die Emission auf den schwächeren Linien ist in Grau dargestellt.

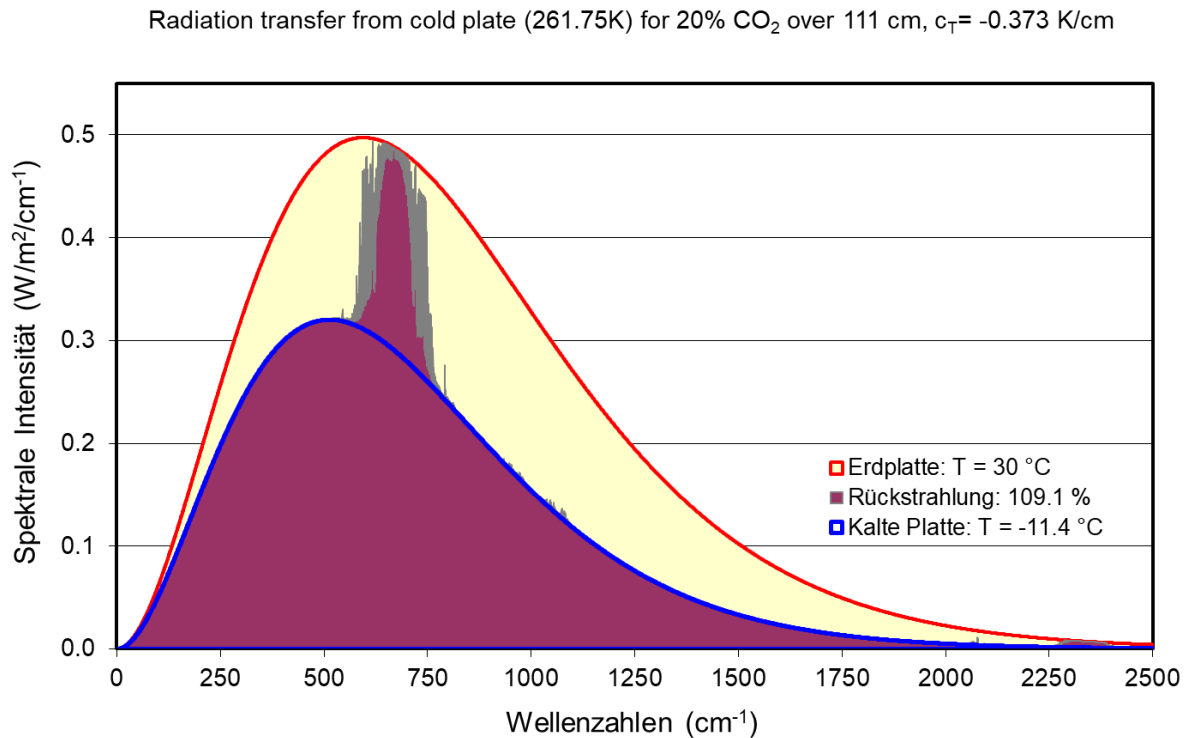


Abb. 3: Strahlungs-Transfer-Rechnung für 20 % CO₂ in Luft über 111 cm für einen Temperaturanstieg von 0,373 °C/cm: Rückstrahlung von Atmosphärenplatte und Gas (Dunkelrot und Grau), Strahlung nur von Atmosphärenplatte (Blaue Linie) und spektrale Intensität der Erdplatte (Rot-Gelb).

Die erhöhte Rückstrahlung ist nahezu identisch mit den Verlusten in Vorwärtsrichtung, so dass innerhalb der Beobachtungsgenauigkeit die Gesamtbilanz aus Absorption und Emission des Gases Null ist.

Dies ist ein wichtiger Aspekt, der gegen die Messung der Gastemperatur zum Nachweis des TH-Effektes spricht. Dagegen kann mit dem vorgestellten Aufbau die Rückstrahlung der TH-Gase durchaus als Temperaturanstieg ΔT_E der Erdplatte klar erfasst werden.

3. Einwände gegen den Treibhauseffekt

3.1 Molekülstöße

Einer der häufigsten Einwände gegen den TH-Effekt ist, dass TH-Gase nicht in der unteren Atmosphäre emittieren würden, während sie in der Tropopause und Stratosphäre gute Emittenten sind. Als Erklärung geben Kritiker an, dass in der unteren Troposphäre Kollisionsprozesse mit Stickstoff und Sauerstoff jede spontane Emission unterdrücken und die

absorbierte Energie nur in kinetische Energie und damit in Wärme umgewandelt wird.

Leider wird bei dieser Interpretation übersehen, dass die typischen Stoßraten von mehreren GHz, wie sie in der unteren Atmosphäre beobachtet werden, sich in einer Höhe von 11 km nur um den Faktor 4–5 verringern und daher immer noch etwa 100 Millionen Mal größer als die spontane Übergangsrate von etwa 1 Hz auf der CO₂-Biegeschwingung sind. Wenn eine solche Interpretation wahr wäre, gäbe es auch keine Emission in der höheren Atmosphäre.

Vielmehr kommt es auch ohne vorherige Absorption eines IR-Lichtquants zu einer kontinuierlichen Emission, da neben superelastischen Stößen (stoßbedingte Übergänge von einem höheren zu einem tieferen molekularen Zustand) auch inelastische Stöße stattfinden, die dem Gasgemisch kinetische Energie entziehen und diese wieder umwandeln, um die TH-Gasmoleküle anzuregen (Harde 2013 [3], Unterabschnitt 2.3). Dadurch werden tiefer liegende Energieniveaus bei ausreichender thermischer Energie kontinuierlich neu besetzt und die spontane Emission erfolgt weitgehend unabhängig – parallel zu den superelastischen Stößen – als thermische Hintergrundstrahlung (Harde 2013 [3], Abs. 2.5). Diese Emission wird durch die Lufttemperatur vorgegeben und ist der Hauptgrund dafür, dass mit zunehmender Höhe die Strahlungsintensität deutlich abnimmt. So beträgt sie in 11 km Höhe für CO₂ beispielsweise nur 12 % der Intensität, die in einer 100 m dicken Gasschicht in Bodennähe beobachtet wird.

Stöße (adiabatisch und diabatisch) machen sich vor allem als spektrale Verbreiterung der Linien bemerkbar. Aber auf diesen Frequenzen und über längere Weglängen kann die Strahlung die gleiche Stärke wie ein Schwarzkörperstrahler erreichen, und im thermischen Gleichgewicht wird dies hauptsächlich durch die Gastemperatur T_g gesteuert.

Würden TH-Gase in der unteren Troposphäre nur absorbieren, nicht aber emittieren, würde nicht nur die Rückstrahlung, sondern auch die Aufwärtsstrahlung und damit ein effizienter Wärmetransport nach oben unterdrückt werden. Als Konsequenz könnte sich noch mehr Wärme in den unteren Schichten ansammeln und die Oberfläche stärker aufheizen als jede Rückstrahlung.

3.2 Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik

Ein weiterer Einwand ist, dass die Strahlung eines kühleren Körpers nicht von einem wärmeren Körper absorbiert werden kann, da dies gegen den 2. Hauptsatz der Thermodynamik verstoßen würde. Wie bereits in Teil 1 gezeigt [4], wird dies durch die Messungen mit veränderter Temperatur und Oberfläche der kühleren Platte, ebenso wie durch den Demonstrationsversuch mit der Zwischenplatte im Strahlengang klar widerlegt.

Auch Messungen mit dem neuen Aufbau, bei denen die Temperatur der Atm-Platte sukzessive erhöht und die verringerte Heizintensität gemessen wird, bestätigen eindeutig den „gleichzeitigen doppelten Wärmeaustausch durch Strahlung“ (Clausius). In einem geschlossenen System „erfährt der kältere Körper einen Wärmeanstieg auf Kosten des wärmeren Körpers, der wiederum eine langsamere Abkühlungsrate erfährt“. In einem offenen System mit externer Heizung führt die Rückstrahlung des kälteren Körpers klar zu einer höheren Temperatur des wärmeren Körpers als ohne diese Rückstrahlung.

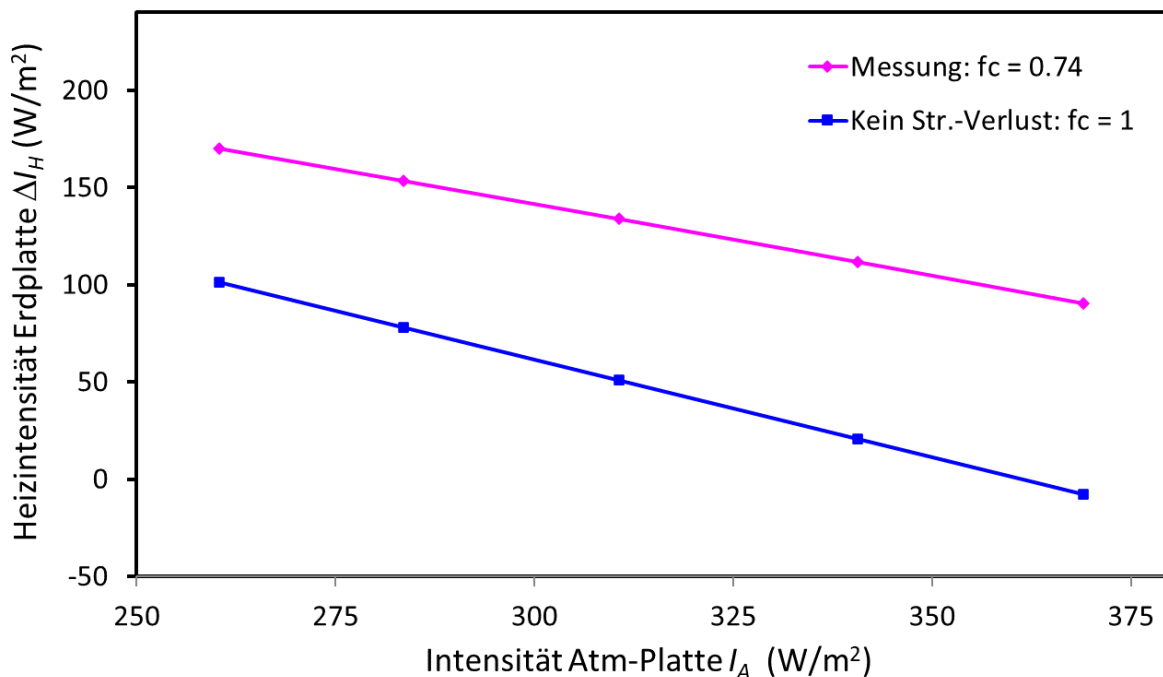


Abb. 4: Gemessene Heizintensität der Erdplatte für eine feste Temperatur $T_E = 30$ °C als Funktion der Strahlungsintensität I_A der Atm-Platte (Magenta Rhomben). Ebenfalls aufgetragen ist die theoretische Heizintensität für 100 %-ge Strahlungsübertragung (Blaue Quadrate).

Abb. 4 zeigt die Abnahme der Heizintensität ΔI_H , wenn die Temperatur der Atm-Platte von $-12,9$ auf $+10,9$ °C schrittweise erhöht wird. Bei diesen Temperaturerhöhungen steigt zunächst auch die Temperatur der Erdplatte an, was durch eine Verringerung der Heizintensität ausgeglichen wird, bis T_E wieder 30 °C beträgt. Auf der Abszisse wird nicht die Temperatur, sondern die Strahlungsintensität I_A der Atm-Platte (Magenta) gemäß der Stefan-Boltzmann-Gleichung ($\epsilon = 1$) aufgetragen, wodurch eine Korrelation von Heiz- mit Strahlungsleistung ermöglicht wird. Der lineare Verlauf bestätigt einen Wärmetransport fast ausschließlich durch Strahlungstransfer entsprechend dem Stefan-Boltzmann-Gesetz, wobei Konvektion (durch die senkrechte Aufstellung) und Wärmeleitungsverluste

(durch den beheizten Dom) weitgehend ausgeschlossen werden.

Mit einer solchen Messung lassen sich auch die Verluste beim Strahlungsaustausch zwischen Erd- und Atm-Platte direkt bestimmen. Im Idealfall, wenn die Heizintensität nur von der Rückstrahlung der Atm-Platte abhängen würde, müsste der Anstieg der Geraden $f_c = 1$ sein. Gemessen wird aber ein Anstieg, ein Transmissionsgrad f_c von 0,74, wodurch nachgewiesen wird, dass die Rückstrahlung nicht nur von der kalten Atm-Platte, sondern auch von der wärmeren Wand des Strahlungskanals verursacht wird. Das ist ein grundsätzliches Problem bei Strahlungskanälen, worauf schon im ersten Teil hingewiesen wurde [4].

Zum Vergleich ist der theoretische Verlauf mit dem Anstieg $f_c = 1$ dargestellt (Blau), wenn es keine Strahlungsverluste gäbe. Gleichzeitig liefert die reduzierte Heizleistung bei einer beobachteten Temperaturerhöhung eine Eichung für die Temperaturempfindlichkeit der Erdplatte mit $\lambda_E = 0,083 \text{ °C/W}\cdot\text{m}^2$.

4. Messungen mit Treibhausgasen

Es wurden die TH-Gase CO_2 , CH_4 und N_2O über einen weiten Bereich mit Konzentrationsänderungen bis zum 16-fachen der Ausgangskonzentration untersucht. Unsere Messungen zeigen eine deutliche Reaktion auf die TH-Gase, aber auch eine starke Sättigung im Temperaturanstieg mit zunehmender Konzentration. Und sie stimmen hervorragend mit detaillierten Strahlungstransfer-(ST)-Rechnungen überein.

4.1 CO_2 -Messungen

Abb. 5a zeigt den gemessenen Temperaturanstieg ΔT_E an der Erdplatte als Funktion der CO_2 -Konzentration in trockener Luft. Die Konzentration wurde schrittweise von 1,25 % auf 20 % erhöht (Blaue Rauten).

Als direkter Vergleich ist der berechnete Temperaturanstieg $\Delta T_C = \lambda_E \cdot f_{\text{CO}_2} \cdot \Delta I_{\text{CO}_2}$ (Magenta-Quadrate) aufgetragen, basierend auf einer ST-Rechnung der CO_2 -Rückstrahlung ΔI_{CO_2} (Grüne Dreiecke), multipliziert mit einem Kalibrierungsfaktor, dem Transmissionsgrad f_{CO_2} der von P_w absorbierten Strahlung, und der separat gemessenen Temperaturempfindlichkeit λ_E der Erdplatte (siehe 3.3.2)

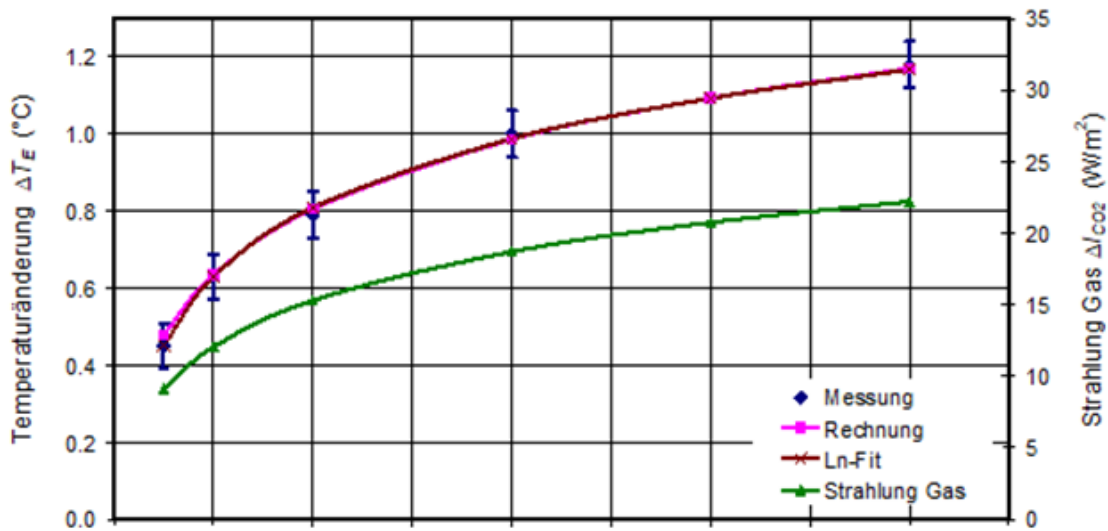


Abb. 5: a) Gemessene Temperaturänderung der Erdplatte als Funktion der CO₂-Konzentration (Blaue Rauten) und Rechnung (Magenta Quadrate) mit logarithmischem Fit (Braune Kreuze). ST-Rechnung der Rückstrahlung ΔI_{CO_2} (Grün).

Abb. 5: a) Gemessene Temperaturänderung der Erdplatte als Funktion der CO₂-Konzentration (Blaue Rauten) und Rechnung (Magenta Quadrate) mit logarithmischem Fit (Braune Kreuze). ST-Rechnung der Rückstrahlung ΔI_{CO_2} (Grün).

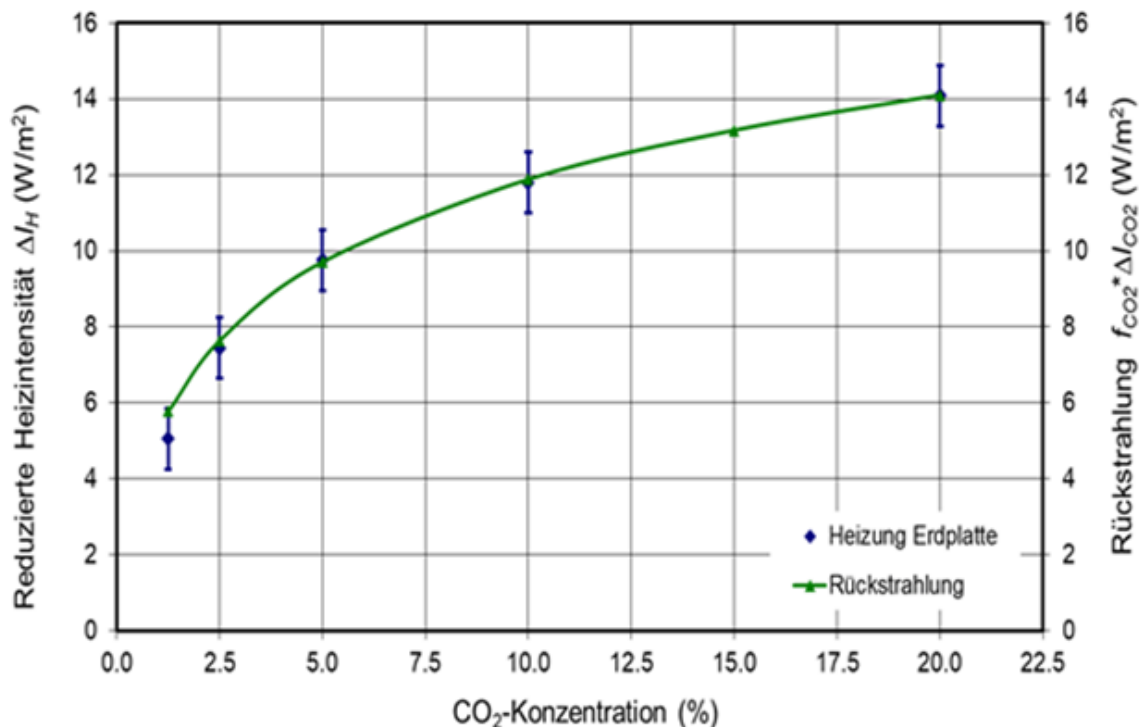


Abb. 5: b) Gemessene Plattenintensität ΔI_H (Blaue Rauten) und berechnete Rückstrahlung

b) Gemessene Plattenintensität ΔI_H (Blaue Rauten) und berechnete Rückstrahlung unter Berücksichtigung der Strahlungsverluste mit $f_{CO_2} \cdot \Delta I_{CO_2}$ für $f_{CO_2} = 0,59$

(Grün).

Messung und Berechnung werden gut durch eine logarithmische Darstellung der Form als Funktion der Konzentration C_{CO_2} in trockener Luft dargestellt (Braune Kreuze). Daraus leitet sich ein CO_2 -Strahlungsantrieb bei Verdopplung der CO_2 -Konzentration von $\Delta F_{2 \times CO_2} = 3,7 \text{ W/m}^2$ ab.

$$\Delta T_E = \lambda_E \cdot f_{CO_2} \cdot \Delta F_{CO_2} \cdot \ln(C_{CO_2}/C_0)/\ln 2 \quad (1)$$

Eine unabhängige Messmethode zur Erfassung der Rückstrahlung ergibt sich, wenn mit steigender CO_2 -Konzentration die P_E -Platte auf $30 \text{ }^\circ\text{C}$ stabilisiert und die eingesparte Heizintensität ΔI_H , wie in Kap. 3.2 beschrieben, ermittelt wird.

Abb. 5b zeigt die eingesparte Heizintensität ΔI_H für die Erdplatte (blaue Rauten), die erforderlich ist, um mit steigender CO_2 -Konzentration diese Platte auf $30 \text{ }^\circ\text{C}$ zu stabilisieren. Die eingesparte Heizintensität ΔI_H kann gut durch die berechnete Rückstrahlung ΔI_{CO_2} bei einem Transmissionsgrad von $f_{CO_2} = 59 \text{ } \%$ reproduziert werden (Grün). Der Anteil f_{CO_2} ergibt sich aus einer Anpassung an die eingesparte Heizintensität ΔI_H . Aufgrund der volumenförmigen Absorption und Abstrahlung unterscheidet sich dieser Transmissionsfaktor leicht für die verschiedenen Gase und auch von dem Wert f_c , der die Übertragungseigenschaften des Strahlungskanal ohne TH-Gase charakterisiert.

4.2 CH_4 -Messung

Messungen für CH_4 wurden bei Konzentrationsänderungen von 1,25 bis 10 % in trockener Luft durchgeführt (Abb. 6). Der beobachtete Temperaturanstieg ΔT_E der Erdplatte als Funktion der CH_4 -Konzentration (blaue Rauten) zeigt erneut eine hervorragende Übereinstimmung mit dem berechneten Temperaturanstieg (Magenta Quadrate) basierend auf der berechneten Rückstrahlung ΔI_{CH_4} (grüne Dreiecke). Mit Ausnahme der niedrigsten Konzentration weist auch dieses TH-Gas bei diesen Konzentrationsniveaus eine starke Sättigung auf und kann recht gut durch eine logarithmische Kurve (braune Kreuze) mit einem Strahlungsantrieb bei verdoppelter CH_4 -Konzentration von $\Delta F_{2 \times CH_4} = 2,75 \text{ W/m}^2$ dargestellt werden. Unter ansonsten vergleichbaren Bedingungen sind dies nur 74 % des CO_2 -Antriebs. Obwohl die atmosphärische Konzentration von CH_4 mit 1,8 ppm mehr als 200-mal kleiner als die von CO_2 ist, zeigt auch CH_4 über den optischen Weg, der proportional zur Konzentration \times Ausbreitungslänge ist, eine stärkere Sättigung in der Atmosphäre (siehe auch: <http://hharde.de/climate %20c.htm>).

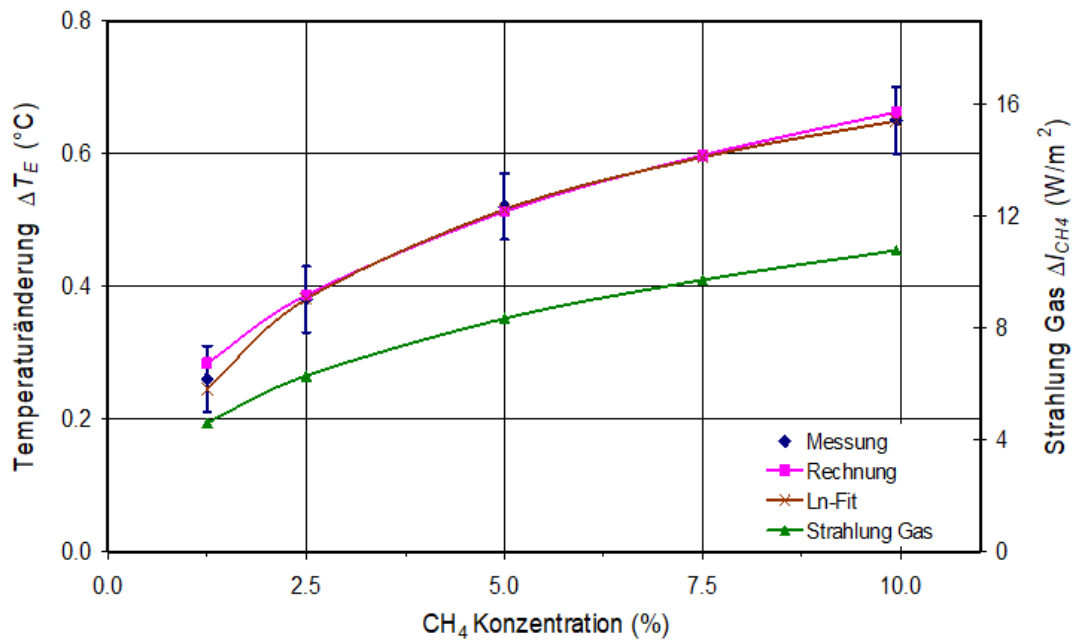


Abb. 6: Gemessene Temperaturänderung der Erdplatte als Funktion der CH₄-Konzentration in trockener Luft (Blaue Rauten) und entsprechende Berechnung (Magenta). Überlagert ist ein logarithmischer Fit (Braun) und die ST-Rechnung der rückgestrahlten Intensität ΔI_{CH_4} (Grün).

Abb. 6: Gemessene Temperaturänderung der Erdplatte als Funktion der CH₄-Konzentration in trockener Luft (Blaue Rauten) und entsprechende Berechnung (Magenta). Überlagert ist ein logarithmischer Fit (Braun) und die ST-Rechnung der rückgestrahlten Intensität ΔI_{CH_4} (Grün).

4.3 N₂O-Messung

Die N₂O-Messungen wurden für Konzentrationen von 1,25 % bis 15 % durchgeführt (Abb. 7).

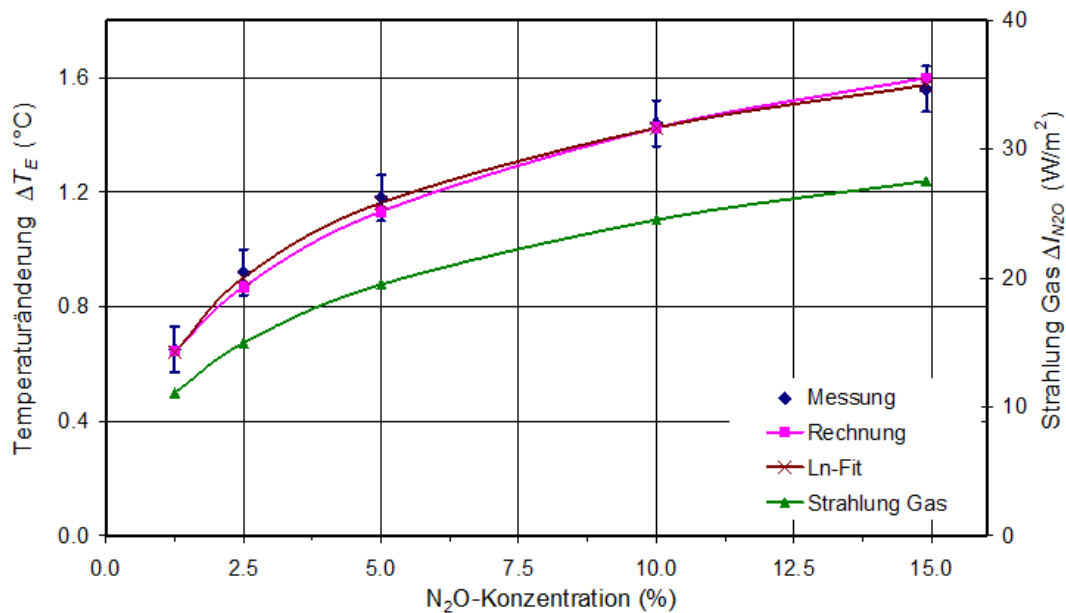


Abb. 7: Gemessene Temperaturänderung der Erdplatte als Funktion der N₂O-Konzentration in trockener Luft (Blaue Rauten) und entsprechende Berechnung (Magenta). Überlagert ist ein logarithmischer Fit (Braun) und die ST-Rechnung der rückgestrahlten Intensität ΔI_{N_2O} (Grün).

Abb. 7: Gemessene Temperaturänderung der Erdplatte als Funktion der N₂O-Konzentration in trockener Luft (Blaue Rauten) und entsprechende Berechnung (Magenta). Überlagert ist ein logarithmischer Fit (Braun) und die ST-Rechnung der rückgestrahlten Intensität ΔI_{N_2O} (Grün).

Die gemessene Temperaturänderung ΔT_E der Erdplatte (blaue Rauten) lässt sich wiederum für ansteigende N₂O-Konzentration gut durch die berechnete Änderung $\Delta T_C = \lambda_E \cdot f_{N_2O} \cdot \Delta I_{N_2O}$ (Magenta Quadrate) reproduzieren. Die berechnete N₂O-Emission ΔI_{N_2O} wird durch grüne Dreiecke wiedergegeben. Bei Anpassung der gemessenen Temperatur durch eine logarithmische Kurve (braune Kreuze) ergibt sich ein N₂O-Strahlungsantrieb bei doppelter Konzentration von $\Delta F_{2 \times N_2O} = 5,0 \text{ W/m}^2$. Dies ist 35 % größer als der CO₂-Strahlungsantrieb.

5. Diskussion der Ergebnisse

5.1 Unterschiede zur Atmosphäre

Der vorgestellte Versuchsaufbau hat sich als geeignet erwiesen, den atmosphärischen TH-Effekt nachzuweisen und im Labor zu demonstrieren. Obwohl die Weglänge durch die Atmosphäre etwa um den Faktor 80.000 größer ist als die Messkammer, wird dies durch eine 500-fach höhere Konzentration für CO₂ und eine 50.000-fach höhere CH₄-Konzentration teilweise kompensiert und für N₂O mit einer fast 500.000-mal höheren Konzentration im Vergleich zu den Meeresspiegelwerten sogar deutlich überkompensiert. Nicht so sehr die absoluten Werte sind dabei relevant, wichtiger ist der optische Weg als Produkt von Absorptionskoeffizient

und Weglänge.

Andererseits ist der Temperaturgradient (Lapse-Rate) über die Troposphäre mit $6,5 \text{ °C/km}$ 5.700-mal kleiner als in dem hier verwendeten Aufbau, während die absolute Temperaturdifferenz fast vergleichbar ist.

Am wichtigsten für den Nachweis des TH-Effektes und der Rückstrahlung von IR-aktiven Gasen ist jedoch deren Emission bei gleichzeitigen Stoßprozessen und dies unter Bedingungen, wie sie in der unteren Troposphäre anzutreffen sind. Die Experimente bestätigen damit definitiv, dass TH-Gase auf ihren Übergängen strahlen und innerhalb einer optisch dicken Schicht sogar vergleichbar zu einem Schwarzkörperstrahler mit gleicher Temperatur wie das Gas emittieren.

Unter realen atmosphärischen Bedingungen wird die Rückstrahlung der TH-Gase durch die spektral viel breitere Strahlung von Wolken überlagert, die in erster Näherung als graue Emitter mit einer durch ihre Unterseite gegebenen Temperatur beschrieben werden können. In den mit den TH-Gasen durchgeführten Experimenten werden Wolken durch die Atm-Platte und Kanalwände ersetzt. Ihre Strahlung ändert sich stark mit der Temperatur T_A der Atm-Platte und simuliert auf diese Weise den Einfluss von Wolken in unterschiedlichen Höhen. Dies bestimmt aber auch die Größe des TH-Gasbeitrags, der vom Temperaturunterschied zwischen den Platten und damit von der Temperaturdifferenz abhängt. Auf die Atmosphäre übertragen bedeutet dies, dass bei Wolken die Rückstrahlung größer ist als bei klarem Himmel, der relative Beitrag durch TH-Gase jedoch abnimmt.

5.2 Reproduzierbarkeit und Genauigkeit

Die Reproduzierbarkeit der Messungen hängt stark von den Gleichgewichtsbedingungen des Aufbaus vor dem Befüllen der Messkammer mit dem TH-Gas ab, und dies gilt auch für die weitere Aufzeichnung von Daten. Die Temperaturanzeige ist auf $\pm 0,13 \text{ °C}$ begrenzt und bestimmt somit wesentlich die Genauigkeit der Messungen. Auch die elektrische Plattenheizung wird durch die Temperaturablesung beeinflusst, da jede Anfangs- und Endaufzeichnung zur Ermittlung der Differenz ΔH_E zwei Temperaturmessungen erfordert. Dies ist der Hauptgrund für kleinere Abweichungen von einem Messdurchlauf zum nächsten. Zusätzliche Störungen gehen auf geringfügige Schwankungen der Raumtemperatur zurück, die innerhalb von $\pm 0,2 \text{ °C}$ geregelt werden kann.

Der Fehler für eine Einzelmessung der Temperaturänderung ΔT_E und der reduzierten Heizleistung ΔH_E wird bei den niedrigeren Konzentrationen auf $\pm 20 \%$ und bei den höheren Konzentrationen auf etwa $\pm 10 \%$ geschätzt. Die Gesamtgenauigkeit wird jedoch durch mehrmaliges Wiederholen der Messungen weiter verbessert. Alle Daten stellen das Mittel aus 5 Durchläufen dar. Dies ermöglicht es, den allgemeinen Trend einer Serie innerhalb von $\pm 5 \%$ zu bestimmen.

5.3 Vergleich mit der Literatur

Es zeigt sich für alle drei Gase eine gute Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung, sowohl für die Temperaturdaten als auch für die Plattenheizung. Insbesondere die zunehmende Sättigung und die charakteristische Abflachung mit steigender Gaskonzentration werden durch die Berechnungen gut bestätigt und schließen einen größeren Einfluss durch Wärmeleitung aus. Gleichzeitig zeigen diese Untersuchungen die nur geringe weitere Auswirkung auf die globale Erwärmung bei steigenden Treibhausgaskonzentrationen.

Während sich die Übereinstimmung in den Absolutwerten von gemessenen und berechneten Daten z.T. daraus erklärt, dass zur Ermittlung der Transmissionsgrade f_{Gas} – und damit für die entsprechende Skalierung der gemessenen Rückstrahlung und der Temperaturdaten – die Rechnungen als Referenz herangezogen werden, stellt die nahezu exakte Übereinstimmung des abgeleiteten Strahlungsantriebs für CO_2 mit $\Delta F_{2\times\text{CO}_2} = 3,70 \text{ W/m}^2$ eher eine zufällige Übereinstimmung mit der Literatur dar (siehe AR6 [5]), da die Messungen hier unter deutlich anderen Bedingungen durchgeführt wurden.

Dennoch ermöglicht dies einen direkten Vergleich untereinander, hierzu müssen allerdings die verschiedenen Auswirkungen berücksichtigt werden, wie z. B. eine sich ändernde Druckverbreiterung der Absorptionslinien über die Weglänge in der Atmosphäre, die Interferenz mit anderen TH-Gasen wie Wasserdampf, die unterschiedliche Bodentemperatur, und die sich ändernde Rückstrahlung mit unterschiedlicher Wolkenhöhe, Bewölkung und Emissionsgraden. Daraus lässt sich ein Strahlungsantrieb von $\Delta F_{2\times\text{CO}_2} = 3,4 \text{ W/m}^2$ berechnen, und zusammen mit einer Planck-Sensitivität von $\lambda_p = 0,31 \text{ }^\circ\text{C}/(\text{W/m}^2)$ (siehe AR6 [5]) ergibt dies eine Basis-Gleichgewichts-Klimasensitivität (Temperaturanstieg bei verdoppelter CO_2 -Konzentration, ohne Rückkopplungen) von $\text{ECS}_B = \lambda_p \cdot \Delta F_{2\times\text{CO}_2} = 1,05 \text{ }^\circ\text{C}$. Dieses Ergebnis stimmt hervorragend mit dem Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) überein.

Allerdings zeigen eigene Berechnungen unter Einbeziehung von Rückkopplungen, dass Wasserdampf im Gegensatz zu den Annahmen des IPCC nur noch zu einer marginalen positiven Rückkopplung beiträgt und die Verdunstung an der Erdoberfläche sogar zu einer deutlichen weiteren Reduzierung der Klimasensitivität auf nur noch $\text{ECS} = 0,68 \text{ }^\circ\text{C}$ führt (Harde 2017 [6], Harde 2022 [7]). Dies ist weniger als ein Viertel des IPCC-Wertes mit $\text{ECS} = 3 \text{ }^\circ\text{C}$ (AR6 [5]) und 5,4-mal kleiner als der Mittelwert von CMIP6 mit $\text{ECS} = 3,78 \text{ }^\circ\text{C}$.

Entsprechende Werte für CH_4 und N_2O können nur indirekt mit der Literatur verglichen werden, da hierfür nur Werte für den ppb-Bereich (parts per billion) angegeben werden, bevor Sättigungseffekte auftreten. Dennoch erlauben ihre relativen Werte zu CO_2 durchaus eine Abschätzung ihrer Beiträge zur globalen Erwärmung, die für CH_4 nicht mehr als 2 % und für

N₂O weniger als 1 % betragen.

Eine faustdicke Überraschung ist Methan, das tatsächlich einen geringeren Strahlungsantrieb als CO₂ hat und angesichts seiner derzeitigen Konzentration von nur 1,89 ppm eindeutig kein Super-Treibhausgas ist, das Anlass zur Sorge geben sollte, wie uns manche Medien oder Klimaforscher glauben machen wollen.

6. Zusammenfassung

Die vorgestellten Messungen und Berechnungen bestätigen eindeutig die Existenz eines atmosphärischen TH-Effektes und zeigen entgegen dem oft falsch interpretierten zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, dass ein wärmerer Körper durch die Strahlung eines kälteren Körpers, hier die Strahlung der gekühlten Platte und/oder eines TH-Gases, weiter erwärmt werden kann (siehe auch EIKE, Teil 1 [4]).

Sie bestätigen auch, dass TH-Gase unter Bedingungen, wie sie in der unteren Atmosphäre herrschen, auch IR-Strahlung in „Rückwärtsrichtung“ aussenden. Gleichzeitig offenbaren die theoretischen Untersuchungen die prinzipiellen Schwierigkeiten, den TH-Effekt als steigende Temperatur des Gases zu messen. Solche Versuche zeigen hauptsächlich eine Erwärmung durch Absorption von NIR oder IR-Licht über die Gefäßwände, während nur zu einem geringeren Grad Absorption durch die Gase erfolgt.

Solche Experimente übersehen oft auch, dass der Treibhauseffekt hauptsächlich das Ergebnis einer Temperaturdifferenz über den Ausbreitungsweg der Strahlung und damit der ‚Lapse-Rate‘ in der Atmosphäre ist.

Ein verminderter TH-Effekt bei reduzierter Temperaturdifferenz zwischen den Platten, wie dies analog auch durch Wolken in der Atmosphäre erfolgen kann, lässt sich klar nachweisen.

Unsere Ergebnisse zeigen nur einen geringen Einfluss von TH-Gasen auf die globale Erwärmung, die offensichtlich viel stärker von natürlichen Einflüssen wie dem solaren Strahlungsantrieb und Ozeanischen Oszillationen dominiert wird (siehe z. B. Connolly et al. 2021 [8]; Harde 2022 [7]). Es gibt also keinen Grund für Panik und Klimanotstand, vielmehr ist es höchste Zeit, zu einer konsolidierten Klimadiskussion zurückzukehren, die sich auf Fakten konzentriert und auch die Vorteile von Treibhausgasen einbezieht.

7. Referenzen

1. H. Harde, M. Schnell, 2022: *Verification of the Greenhouse Effect in the Laboratory*, Science of Climate Change, Vol. 2.1, pp. 1-33, <https://doi.org/10.53234/scc202203/10>.
2. H. Harde, M. Schnell, 2022: *Nachweis des Treibhauseffekts im Labor*, PDF-Datei

3. H. Harde, 2013: *Radiation and Heat Transfer in the Atmosphere: A Comprehensive Approach on a Molecular Basis*, International Journal of Atmospheric Sciences (Open Access), vol. 2013, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/503727>
4. M. Schnell, H. Harde, 2024: *Gibt es einen Atmosphärischen Treibhaus-Effekt? -Teil 1*, EIKE 2024
5. Sixth Assessment Report (AR6) of the IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V. et al. (eds.)]. Cambridge University Press., https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_TS.pdf
6. H. Harde, 2017: *Radiation Transfer Calculations and Assessment of Global Warming by CO₂*, International Journal of Atmospheric Sciences, Volume 2017, Article ID 9251034, pp. 1-30, <https://www.hindawi.com/journals/ijas/2017/9251034/>, <https://doi.org/10.1155/2017/9251034>.
7. H. Harde, 2022: *How Much CO₂ and the Sun Contribute to Global Warming: Comparison of Simulated Temperature Trends with Last Century Observations*, Science of Climate Change, vol. 2, no 1, pp 105 -133, <https://doi.org/10.53234/scc202206/10>
8. R. Connolly, W. Soon, M. Connolly, S. Baliunas, J. Berglund, C. J. Butler, R. G. Cionco, A. G. Elias, V. M. Fedorov, H. Harde, G. W. Henry, D. V. Hoyt, O. Humlum, D. R. Legates, S. Lüning, N. Scafetta, J.-E. Solheim, L. Szarka, H. van Loon, V. M. V. Herrera, R. C. Willson, H. Yan and W. Zhang, 2021: *How much has the Sun influenced Northern Hemisphere temperature trends? An ongoing debate*, Research in Astronomy and Astrophysics 2021 Vol. 21 No. 6, 131(68pp), <http://www.raa-journal.org/raa/index.php/raa/article/view/4906>

Zur Sicherstellung sämtlicher Indizes und anderer evtl.

Buchstabendarstellung zwischen Word und dieser Darstellung hier nochmal
Gibt es einen Atmosphärischen Treibhauseffekt Teil 2 Vollständig

Bisher sehr zeitiger Frühling 2024 in Deutschland – gut oder schlecht für die Natur?

geschrieben von Chris Frey | 31. März 2024

Endet mit diesem zeitigen Lenz die Pause der Frühlings- Erwärmung in Deutschland?

Stefan Kämpfe

Seit Ende Januar herrschen fast durchweg viel zu hohe Lufttemperaturen in Deutschland. Das ließ die Natur um 3 bis 4 Wochen zeitiger erwachen – doch scheint diese damit keine Probleme zu haben. Im Gegenteil – bislang war eine bemerkenswerte Blütenfülle zu bestaunen, und auch die angeblich sterbenden Insekten zeigten sich besonders zahlreich. Doch ob uns die vorzeitige Wärme erhalten bleibt und der Lenz ab diesem Jahr nach einer Erwärmungspause wieder milder wird, bleibt unklar.

Das Frühlingserwachen 2024 in Bildern

Schon kurz vor dem Jahreswechsel hatte mit den ersten stäubenden Haselkätzchen der Vorfrühling begonnen; im Februar dann schon der Erstfrühling, welcher sich nun dem Ende zuneigt. Mitte Februar standen die Winterlinge des größten Vorkommens nördlich der Alpen (Rautal bei Jena) in Vollblüte und wurden reichlich von Bienen besucht, auch Schneeglöckchen, Elfen-Krokusse und Märzenbecher erblühten überreich. Offenbar kommen die meisten Pflanzen mit dem aktuellen Warmklima bestens zurecht – und sie profitieren von den steigenden CO₂-Werten. Denn CO₂ ist nun einmal für die Fotosynthese unerlässlich – je mehr davon, desto effektiver und wassersparender läuft diese ab.



Abbildung 1: Schon Mitte Februar in Vollblüte – die Winterlinge. Dieses Hahnenfußgewächs besiedelt dank der Wärme immer größere Flächen.



Abbildung 2: In Gärten, Parkanlagen und siedlungsnahen Wiesen breitete sich der Elfen-Krokus in letzter Zeit auffallend stark aus. Auch er scheint von der Erwärmung zu profitieren.



Abbildung 3: Stets sehr zahlreich und diesmal schon zur Monatswende Februar/März erblühend – der Märzenbecher. Er kommt, ähnlich wie der Winterling, sowohl im besiedelten Bereich, als auch in der Wildnis bestens zurecht.



Abbildung 4: Die streng geschützte Kuhschelle erscheint auf Halbtrockenrasen zur Mitte des Erstfrühlings. Wie allen anderen Frühblühern auch, schadeten ihr die trocken-heißen Sommer der jüngsten Vergangenheit nicht.



Abbildung 5: Auf kontinentalen Halbtrockenrasen der Steppen Innerthüringens blüht zur Mitte des Erstfrühlings das seltene Frühlings-Adonisröschen. Weil es konkurrenzschwach ist, wird es durch sommerliche Dürren, welche die Gräser und manche Gehölze schwächen, gefördert und konnte so trotz oft fehlender Beweidungs- und Entbuschungsmaßnahmen bis heute überleben.



Abbildung 6: Vollblüte der oft aus Unterlagen des Obstbaus verwilderten Kirschpflaumen in der zweiten Erstfrühlingshälfte. In der Steppenzone Thüringens standen sie diesmal schon am kalendarischen Frühlingsanfang in Vollblüte. Ihre Früchte reifen nach den Süßkirschen, bei einigen Wildlingen auch erst im September/Okttober. Die gelben, roten oder schwarzvioletten, kleinen, meist reichlichen kugeligen bis ovalen Früchte sind gut essbar – wenngleich etwas herber als Kirschen oder Pflaumen. Weil sie Hitze und Dürre bestens vertragen, breiteten sie sich in den letzten Jahrzehnten stark aus.



Abbildung 7: Die Vollblüte des Hohlen Lerchensporns leitet vom Erst- zum Vollfrühling über. Er ist in manchen edellaubholzreichen Wäldern, manchmal auch in verwilderten Gärten und Parkanlagen zu finden.

Obwohl dieser März 2024 sehr mild ausfiel, der bisherige Rekordhalter (2017 mit 7,2°C) könnte sogar noch knapp überflügelt werden, verringerte sich der Vegetationsvorsprung, welcher Ende Februar noch 20 bis 25 Tage betrug, bis Ende März auf deutlich unter 20 Tage. Weil nämlich im fortschreitenden Frühlingsverlauf immer mehr Wärme liebende Arten erscheinen, wird mehr Wärme benötigt – die anfangs sehr großen Vegetationsunterschiede nivellieren sich vom Vor- bis zum Vollfrühling, selbst bei weiterhin deutlich zu warmer Witterung. Ein Vergleich des Verlaufs der drei Jahreszeiten Vor-, Erst- und Vollfrühling verdeutlicht das eindrucksvoll.

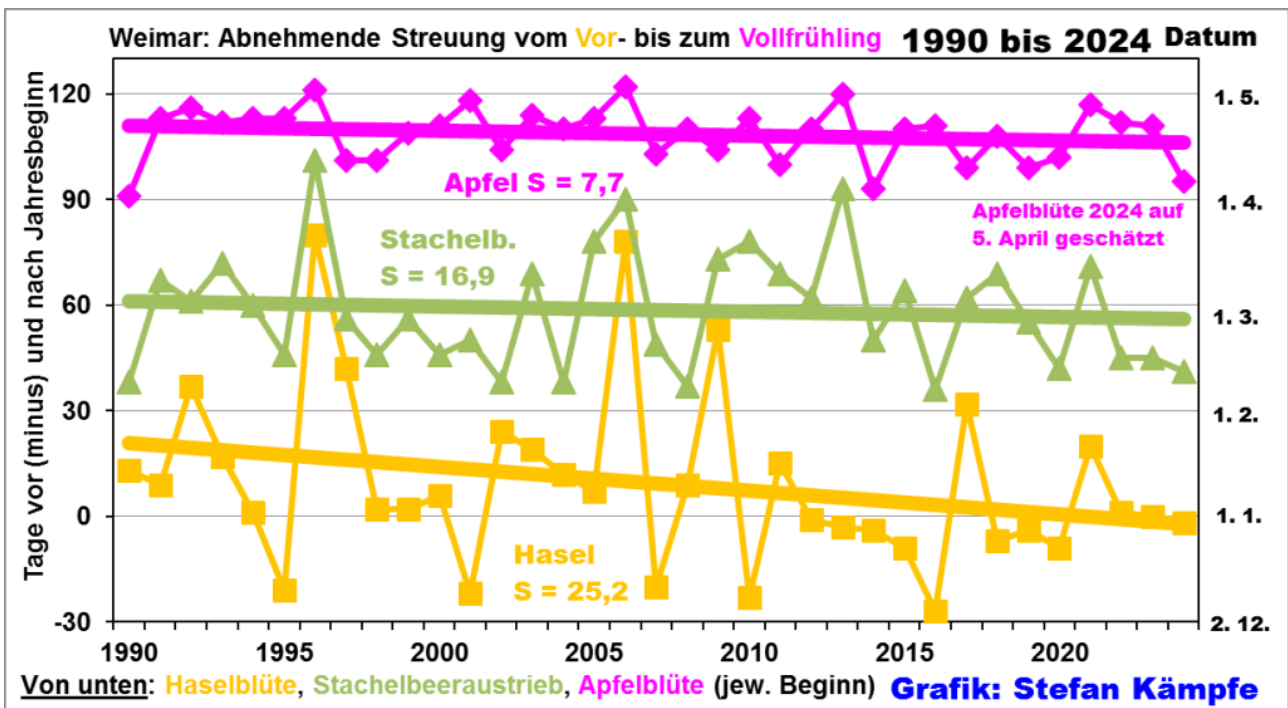


Abbildung 8: Abnehmende Varianz und abnehmende Verfrühungstrends vom Vor- über den Erst- zum Vollfrühling in Weimar. Die Apfelblüte wurde für 2024 auf den 5. April geschätzt; selbst wenn sie einige Tage eher oder später eintreten sollte, so ändert das an der Grundaussage nichts.

Von der Verfrühung profitieren besonders die typischen Vor- und Erstfrühlingsblüher, denn diese Jahreszeiten verlängerten sich in unserer aktuellen Warmzeit am meisten. Auch der phänologische Frühling insgesamt, er beginnt mit der Hasel- und endet mit dem Beginn der Holunderblüte, verlängerte sich merklich.

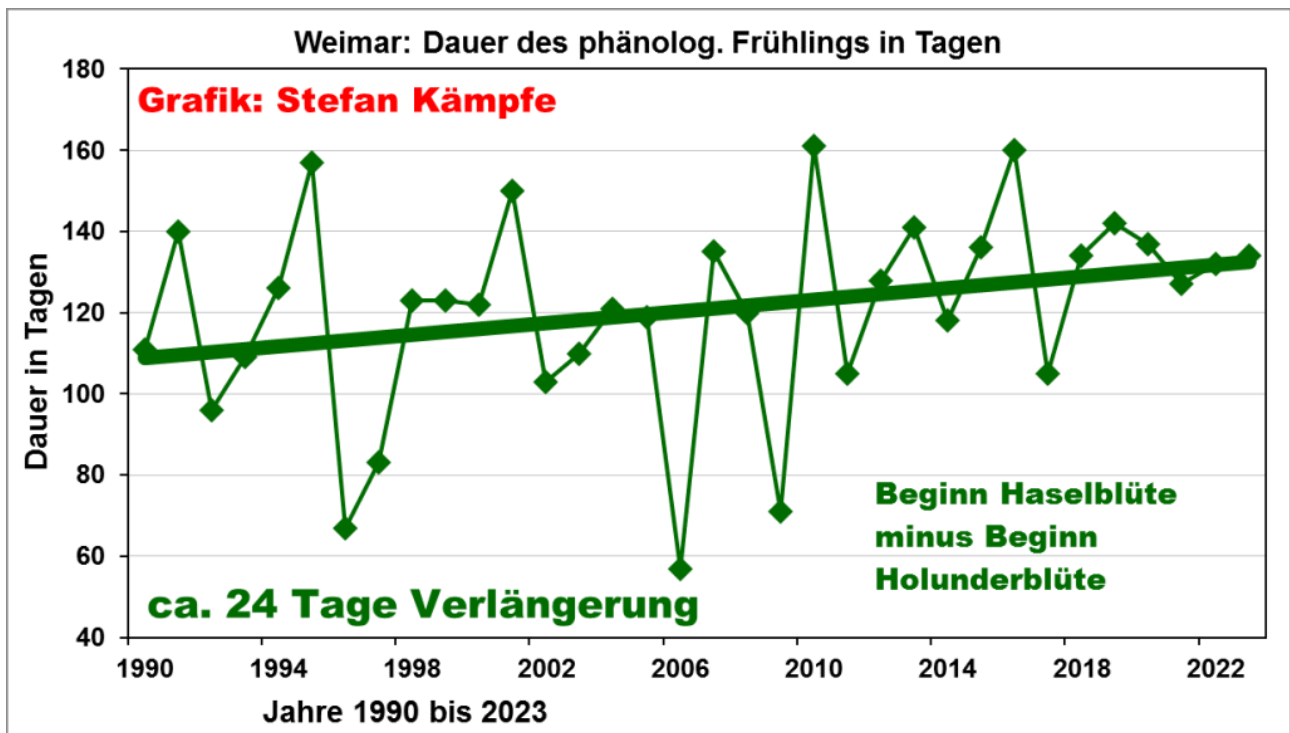


Abbildung 9: Entwicklung der Dauer des phänologischen Frühlings in Tagen am Beobachtungsort Weimar seit 1990.

Besonders zeitig beginnende Frühjahre sind tendenziell länger als spät beginnende, in denen die Natur den Vegetationsrückstand oft zumindest teilweise noch aufholt. Aber völlig abgebaut wird der Vorsprung nach einem Frühstart meist nicht. „Je eher im Lande der Schlehdorn blüht, desto zeitiger der Schnitter zur Ernte auszieht“ – diese alte Bauernregel hat also einen wahren Kern. Insgesamt sorgt die Natur aber dafür, dass trotz der erheblichen Wärme keine extremen Vegetationsverfrühungen eintreten können – die oft geäußerten Befürchtungen, die Klimaerwärmung brächte alle Naturvorgänge aus dem Takt, sind unbegründet!

Der nach 1988 erwärmungsträge Frühling in Deutschland – verleiht ihm der warme Auftakt 2024 neuen Schwung?

Betrachtet man nur die Zeit ab dem Klimasprung 1988, so erwärmten sich Sommer und Herbst enorm, besonders nach der Mitte der 1990er Jahre. Der Winter erwärmte sich nur leicht, der Frühling kaum.

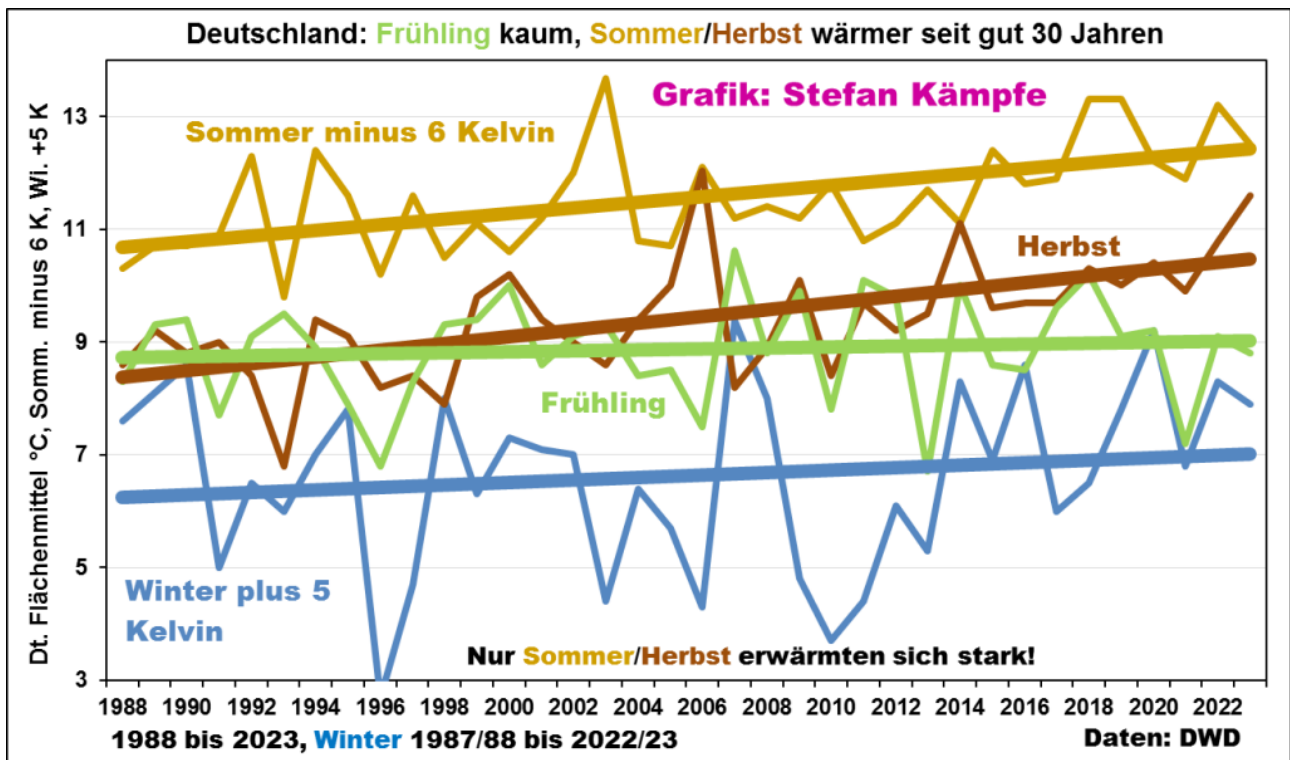


Abbildung 10: Temperaturverlauf aller meteorologischen Jahreszeiten im DWD-Flächenmittel 1988 bis 2023. Nur Sommer und Herbst erwärmten sich auffallend stark, der Frühling praktisch kaum. Zur besseren Darstellung in einer Grafik wurde das Sommer-Mittel um 6 Kelvin ($^{\circ}\text{C}$) abgesenkt und das des Winters um 5 K angehoben – Trend und Amplitude bleiben dabei unverändert.

Bei einer Analyse des Gesamtzeitraumes (1881 bis 2023) unterscheidet sich der Lenz hinsichtlich der Gesamterwärmung nur unwesentlich von den übrigen Jahreszeiten. Noch etwas stärker erwärmten sich der Winter (aber hauptsächlich bis 1988) und der Sommer (hauptsächlich nach 1988), beim Herbst fand sogar fast die gesamte Erwärmung erst nach 1988 statt. Dem Frühling fehlte also (bislang) nur die Erwärmung nach 1988.

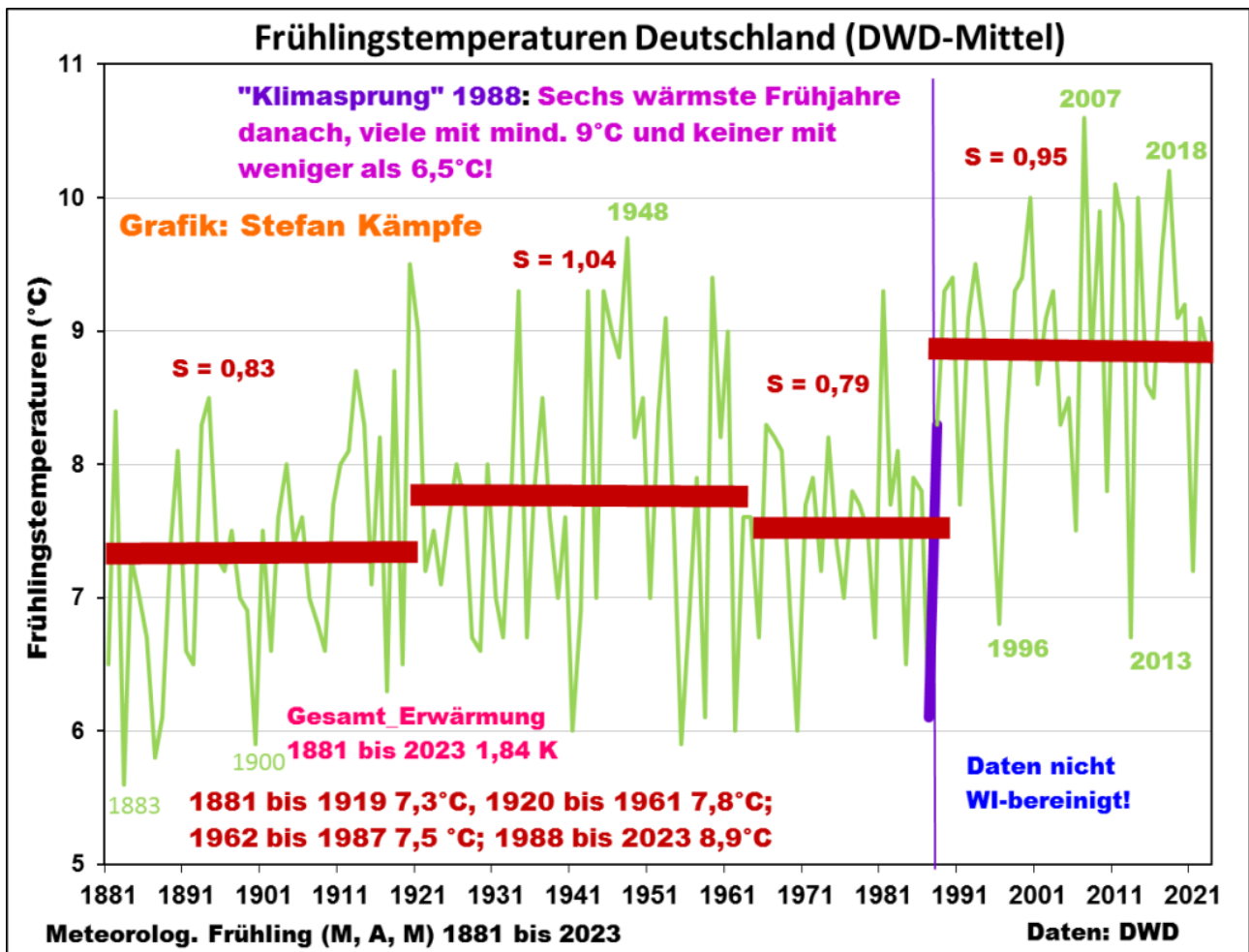


Abbildung 11: Temperaturverlauf im meteorologischen Frühling (März bis Mai) seit 1881. Ähnlich, wie bei den anderen Jahreszeiten, gab es mehrere Phasen: Anfangs eine sehr kühle mit Erwärmungstendenz bis ins frühe 20. Jahrhundert, zur Mitte des 20. Jahrhunderts eine relativ warme, dann wieder eine kühle von den 1960er bis in die mittleren 1980er Jahre, ehe mit dem Klimasprung 1988 die aktuelle Warmphase begann.

Alle Daten sind mehr oder weniger stark von diversen Wärmeinseleffekten belastet, welche sich im Frühling/Sommer besonders stark auf die Temperaturentwicklung auswirkten. Aber was beeinflusst nun die Frühlingstemperaturen in Deutschland wesentlich? Kohlendioxid (CO₂) ist es nicht – sehr wohl aber beeinflussen Sonnenscheindauer und Großwetterlagenhäufigkeiten die Frühlingstemperaturen.

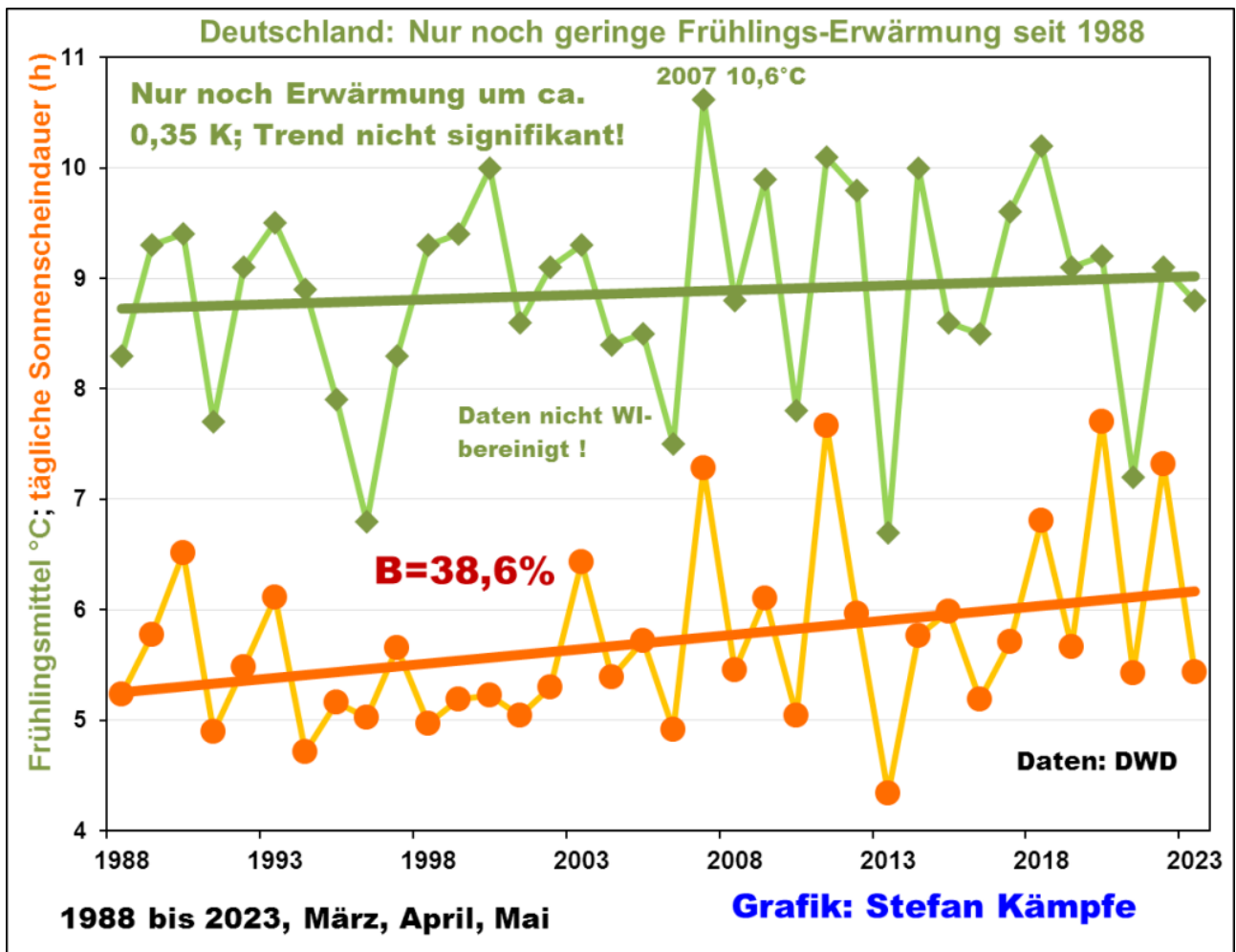


Abbildung 12: Seit 1988 nur noch leichte, nicht signifikante Frühlings-Erwärmung in Deutschland bei merklich zunehmender Besonnung. Immerhin ein reichliches Drittel der Gesamtvariabilität der Lenz-Temperaturen wird von der Sonnenscheindauer bestimmt (Bestimmtheitsmaß $B=38,6\%$). Die Wirkung der zunehmenden Besonnung scheint ausgereizt.

Eigentlich hätte es wegen der zunehmenden Besonnung eine Erwärmung geben müssen – aber diese wurde durch die Häufigkeitsentwicklung der Großwetterlagen kompensiert. Kühlende Großwetterlagen, solche mit nördlicher Anströmrichtung, hatten sich bis 2023 wieder leicht gehäuft.

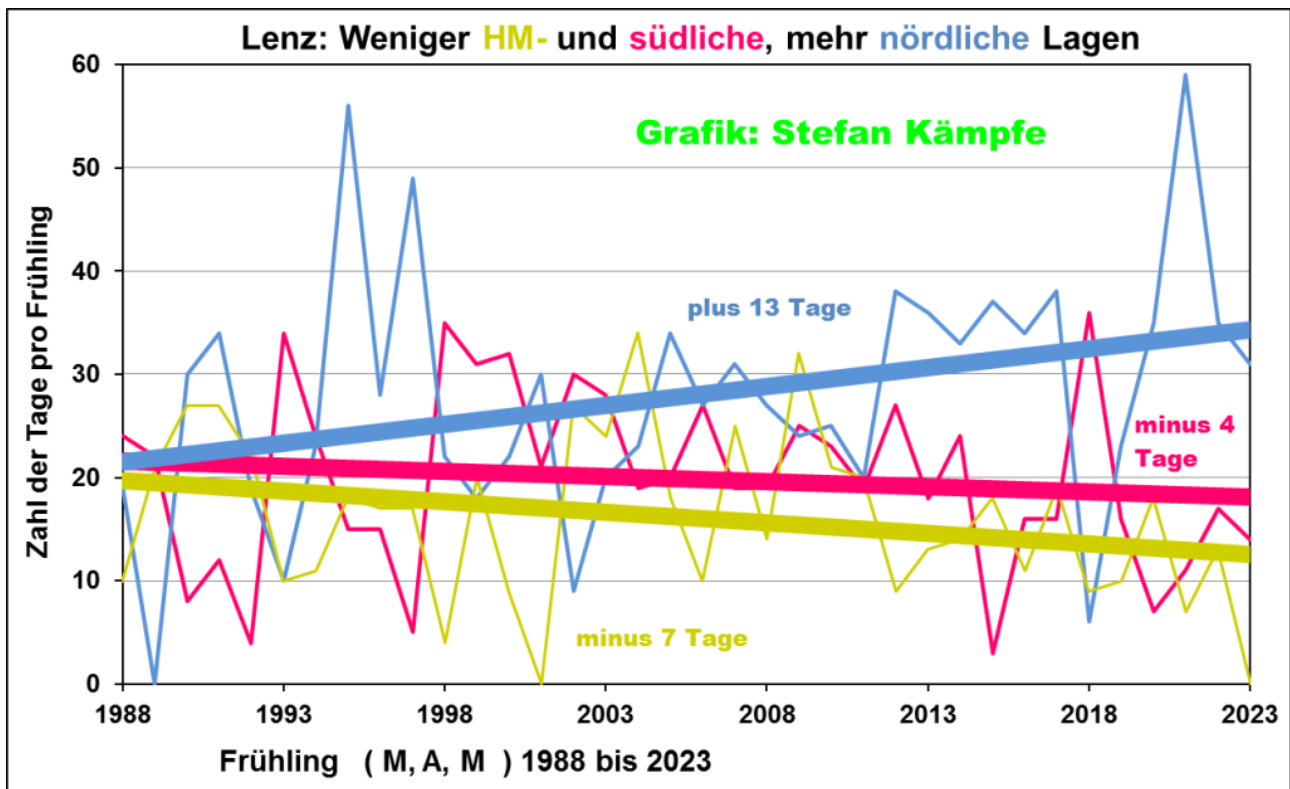


Abbildung 13: Leichte Häufigkeitsabnahme der im Frühling meist warmen Tage mit südlichem Strömungsanteil (rot) und der Zentralhochlagen (gelbgrün). Kühle nördliche Lagen häuften sich jedoch (blau). Wetterlagen-Klassifikation nach HESS/BREZOWSKY.

Diese leichte Häufung kühler Nordlagen hat also die Erwärmungswirkung der zunehmenden Sonnenscheindauer kompensiert – doch muss diese Entwicklung nicht zwangsläufig fort dauern. Soll der Lenz 2024 auch im April/Mai stark überdurchschnittlich warm ausfallen, so muss es in diesen Monaten viele südliche und/oder Zentralhochlagen geben, ab etwa Anfang April fallen dann auch Ostwetterlagen (meist) zu warm aus – sofern sie sehr sonnenscheinreich verlaufen. Aber was in den folgenden Frühjahren passiert, bleibt ungewiss – nur wenn auch diese merklich zu warm ausfallen, würde der Erwärmungstrend deutlich positiver werden.

Warmer Lenz – eher kühler Sommer 2024?

Die oft geäußerte Befürchtung eines „Ausgleichs“ von zu viel Wärme in späteren Zeiten ist in unserem aktuellen Klima-Optimum mit seiner (noch) anhaltenden Erwärmungstendenz unbegründet. Eine kurze Rückschau zeigt: Sehr warmer Herbst 2023 – sehr milder Winter 2023/24 und danach sehr milder, zeitiger Frühling. Deswegen müssen sich Sommerfreunde (vermutlich) auch keine großen Sorgen machen – ein paar Wermutstropfen könnte es indes trotzdem geben. Sehr milden Wintern und Frühjahren, wie wir sie 1989, 90, 98, 2000, 07, 14 oder 20 hatten, folgten nämlich meist wechselhafte Sommer, welche zwar mäßig-warm oder warm ausfielen, aber dennoch keinesfalls „Jahrhundertsummer“ waren – mitunter fiel sogar ein ganzer Monat regnerisch und eher kühl aus. Nur 2022 folgte ein

durchgehend sehr warmer und vor allem beständiger Sommer. Das bekannteste, freilich sehr unsichere Langfrist-Vorhersagemodell, das CFSv2 des Amerikanischen Wetterdienstes, sagt momentan alle Monate von April bis September „zu warm“ vorher – aber das schließt kühlere, wechselhaft Phasen nicht aus. Und Regen ist ja auch willkommen – er sorgt für reiche Ernten und grüne Gärten. So oder so – das zeitige, bislang sehr warme Jahr 2024 scheint im Hinblick auf die weitere Jahreswitterung eher günstig zu verlaufen.

Stefan Kämpfe, Diplomagraringenieur, unabhängiger Natur- und Klimaforscher

Gescheiterter Staat? Amerikas Führer lassen uns buchstäblich den Strom ausgehen

geschrieben von Andreas Demmig | 31. März 2024

HAILEY GOM, Reporter für allgemeine Aufgaben, 07. März 2024, Daily Caller News Foundation

Während elektrische Rechenzentren und die Einrichtungen für saubere Technologie in den Vereinigten Staaten rasch zugenommen haben, scheint es einem neuen Bericht zufolge, im Land immer noch an Ideen zu mangeln, um eine Lösung für sein schrumpfendes Stromangebot zu finden.

Der Beweis: Stromnetz 2006 Vs 2024 – Instabil wie niemals zuvor! Blackout voraus – Netzbetreiber

geschrieben von Admin | 31. März 2024

Bild aus der Studie mit einer Darstellung der Stunden in den die Netzfrequenz um 1 Hz/s überschritten wird. Bild Übertragungsnetzbetreiber