

Klimazahl am Freitag Folge 11

7 %

Thomas Hagemann, 30.06.2023

Treibhausgase

Wir haben in den bisherigen Folgen verschiedene Treibhausgase betrachtet.

Die wichtigsten waren Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O).

Insgesamt listet der Weltklimarat im 6. Sachstandsbericht über 250 Treibhausgase auf.

Ihr Treibhauspotenzial liegt zwischen nahezu 0 und 24.300 (für das wohl stärkste Treibhausgas SF_6).

Temperaturdifferenzen

In Folge 8 sind wir auf eine Unplausibilität gestoßen, die wir damit aber noch nicht vollständig aufgeklärt haben.

Der Treibhauseffekt sorgt dafür, dass die Erde nicht -18 °C kalt, sondern 15 °C warm ist.

Die vom Menschen emittierten Treibhausgase machen dabei nur etwa 1 °C aus, der Rest beruht auf dem natürlichen Treibhauseffekt.

Zunahme der Treibhausgase

Nun haben wir den Anteil der wichtigsten Treibhausgase in der Atmosphäre gegenüber der vorindustriellen Zeit deutlich erhöht:

CO₂: + 47 %

Methan: + 156 %

Lachgas: + 23 %

Quelle für die Zahlen: Annex III: Tables of historical and projected well-mixed greenhouse gas mixing ratios and effective radiative forcing of all climate forcers. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Available from <https://www.ipcc.ch/>. Prozentsätze eigene Berechnung.

Extreme Zunahme bei SF₆

Für manche Substanzen sieht es noch schlimmer aus: In der vorindustriellen Zeit waren sie in der Luft praktisch nicht enthalten.

Beispielsweise ist der Anteil von SF₆ in der Luft seit meiner Geburt fast auf das Hundertfache angestiegen.

Die Gretchenfrage

Offenbar hat es einen erheblichen Anstieg der wichtigsten Treibhausgase gegeben, allein beim CO₂ um etwa 50 %.

Dennoch macht die vom Menschen verursachte globale Erwärmung bisher nur etwa 1 °C aus, während der gesamte Treibhauseffekt 33 °C ausmacht.

Wie kann das sein?

Die Antwort

Die Ursache liegt darin, dass es ein natürliches Treibhausgas gibt, das noch viel stärker als CO_2 & Co. ist:

Wasser!

Genauer gesagt, Wasser im gasförmigen Aggregatzustand, physikalisch Wasserdampf genannt. Oder anders ausgedrückt:

Die Luftfeuchtigkeit.

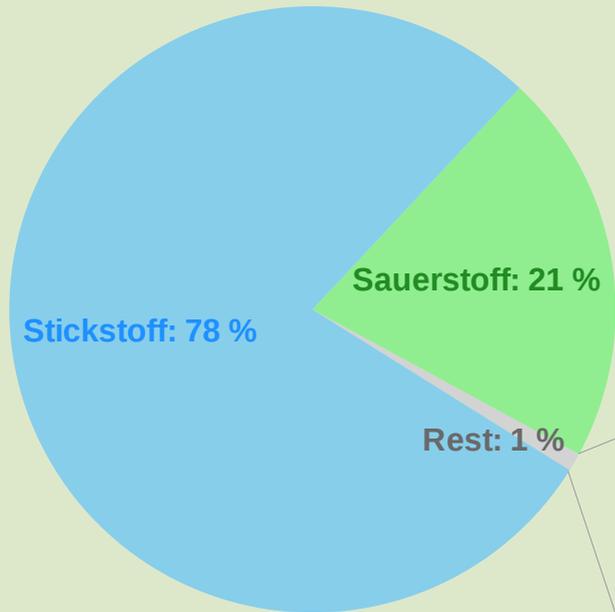
Trockene Luft

Die Luftfeuchtigkeit haben wir bisher komplett ignoriert.

Die Volumenanteile der verschiedenen Gase in der Luft bezogen sich alle auf die trockene Luft ohne jegliche Luftfeuchtigkeit.

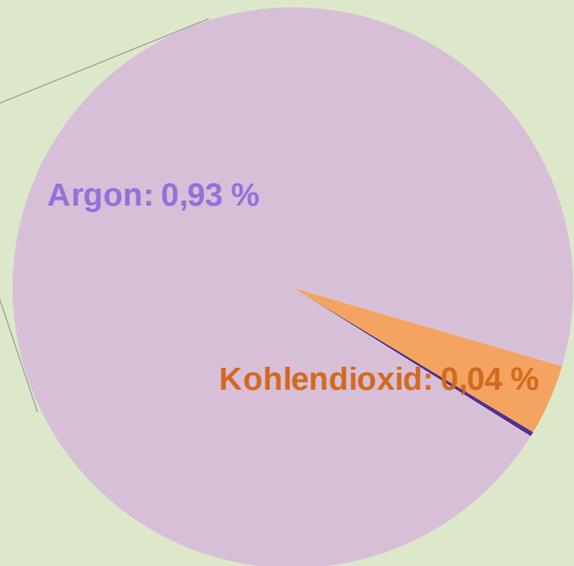
Zur Erinnerung auf der Folgeseite noch einmal die entsprechende Grafik aus Folge 1.

Volumenanteile in trockener Luft



Die Volumenanteile ohne Wasserdampf betragen zusammen 100 %.

Die Luftfeuchtigkeit kommt also noch hinzu.



Wie viel Luftfeuchtigkeit?

Der Wasseranteil an der Luft beträgt im Durchschnitt der gesamten Atmosphäre etwa 0,4 %, zehnmal so viel wie CO₂.

In Bodennähe ist der Anteil höher, im Schnitt 1,3 %.

Das sind aber nicht die Angaben, die wir in der Praxis kennen: Ihr Hygrometer zeigt vielleicht gerade um die 60 % an.

**Das ist die relative
Luftfeuchtigkeit.**

Relative Luftfeuchtigkeit

Die Luft kann nur eine bestimmte Menge Wasserdampf aufnehmen.

Die relative Luftfeuchtigkeit gibt den Anteil der tatsächlichen Luftfeuchtigkeit zur maximal möglichen Luftfeuchtigkeit an.

Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100 % ist die maximale Menge erreicht, das Wasser beginnt zu kondensieren.

Absolute Luftfeuchtigkeit

Die absolute Luftfeuchtigkeit gibt den Anteil des Wasserdampfes an der Luft an und wird üblicherweise in g/m^3 gemessen:

Eine absolute Luftfeuchtigkeit von 10 g/m^3 bedeutet also, dass in einem Kubikmeter Luft 10 Gramm Wasserdampf enthalten sind.

Maximale Luftfeuchtigkeit

Wie viel Wasserdampf die Luft aufnehmen kann, hängt wesentlich von der Temperatur ab: Je höher die Temperatur, desto mehr Wasserdampf kann die Luft aufnehmen.

An einem heißen Sommertag mit **30 °C** kann die Luft etwa **30 g/m³** aufnehmen.

Bei Zimmertemperatur von **22 °C** sind es noch etwa **20 g/m³**.

Im Winter bei Temperaturen um den **Gefrierpunkt** sind es gerade noch **5 g/m³**.

Maximale Luftfeuchtigkeit

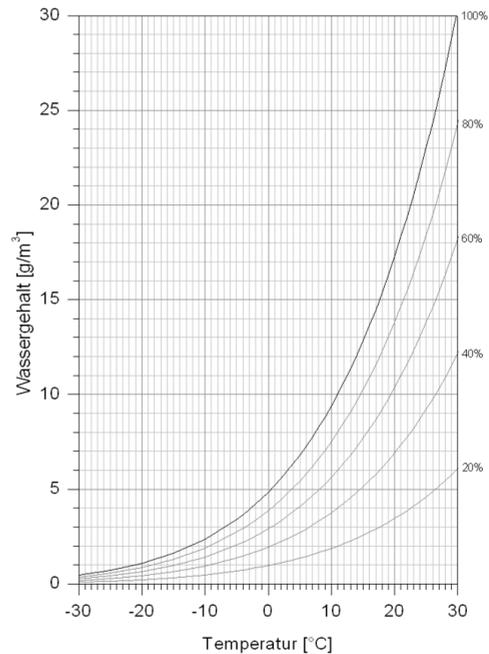
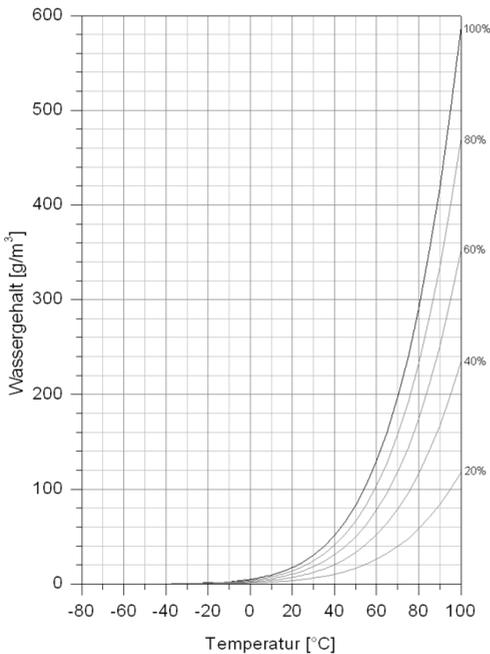
Wenn diese Mengen erreicht sind, beträgt die relative Luftfeuchtigkeit 100 %.

Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 40 % bis 60 % fühlen wir uns wohl.

Die Zusammenhänge zwischen Temperatur, relativer und absoluter Luftfeuchtigkeit sind auf der folgenden Seite grafisch zusammengefasst.

Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Sättigungsmenge von Wasserdampf in der Luft



Von Achim Christoph - Eigenes Werk, Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1736064>

Thomas Hagemann, 30.06.2023

Feuchtwarme Sommerluft

An einem Sommertag mit **28 °C** und einer relativen Luftfeuchtigkeit von **60 %** beträgt die absolute Luftfeuchtigkeit etwa 16 g/m^3 .

Wenn Sie diese Luft in Ihre Wohnung lassen und sie dort auf **22 °C** abkühlt, bleibt die absolute Luftfeuchtigkeit erhalten.

Da die kühlere Luft aber nicht mehr so viel Wasserdampf aufnehmen kann, steigt die relative Luftfeuchtigkeit auf über **80 %** an.

Kalte Winterluft

An einem Wintertag mit **0 °C** und einer relativen Luftfeuchtigkeit von **80 %** beträgt die absolute Luftfeuchtigkeit etwa 4 g/m^3 .

Kommt diese Luft wiederum in Ihre warme Wohnung mit **22 °C**, sinkt die relative Luftfeuchtigkeit auf etwa **20 %** ab.

Die angeblich trockene Heizungsluft ist also in Wirklichkeit trockene Winterluft.

Das sind natürlich nur theoretische Werte, bei denen unterstellt wird, dass Sie die Luft in Ihrer Wohnung vollständig austauschen und keine sonstigen Feuchtigkeitsquellen in Ihrer Wohnung existieren.

Klimawirkung

Wasserdampf in der Atmosphäre hat eine hohe Treibhauswirkung.

Der natürliche Wasserkreislauf ist gigantisch und vom Menschen fast nicht zu beeinflussen.

Gigantische Mengen Wasser verdunsten Tag für Tag aus den Ozeanen.

Dieser Wasserdampf verbleibt im Schnitt nur wenige Tage in der Atmosphäre, bis er zum Beispiel irgendwo abregnet.

Menschliche Wasseremissionen

Die Emissionen des Menschen spielen dabei keine Rolle.

Wir hatten in Folge 4 gesehen, dass bei der Verbrennung von 1 l Benzin auch ein knapper Liter Wasser entsteht.

Anders als beim CO₂ sind diese menschlichen Emissionen aber unbedeutend. Nur der natürliche Wasserkreislauf ist relevant.

Natürlicher Wasserkreislauf

Der natürliche Wasserkreislauf ist damit der entscheidende Treiber für den natürlichen Treibhauseffekt.

Im Hinblick auf den menschengemachten Klimawandel ist aber noch von entscheidender Bedeutung, dass wärmere Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann.

Verstärkende Rückkopplung

Mit Erhöhung der Lufttemperatur um 1 °C kann die Luft etwa 7 % mehr Wasserdampf aufnehmen.

Dadurch steigt beispielsweise die Verdunstung über den Ozeanen. Die höhere Menge Wasserdampf verstärkt wiederum den Treibhauseffekt.

Das heißt, der menschengemachte Klimawandel erfährt eine verstärkende Rückkopplung.

Heutige Klimazahl

Daher ist 7 % die heutige Klimazahl:

Die Erhöhung der maximalen
Luftfeuchtigkeit bei einer
Temperaturerhöhung von 1 °C.

Bisherige Klimazahlen am Freitag

– 1 –

Folge 1, 13.01.2023: 420 ppm
CO₂-Anteil an der Luft (= 0,042 %)

Folge 2, 27.01.2023: 3.000 Gt
CO₂-Gesamtmenge in der Erdatmosphäre (= 3.000 Mrd. t)

Folge 3, 10.02.2023: 40 Gt
Jährliche CO₂-Emission der Weltbevölkerung (= 40 Mrd. t)

Folge 4, 24.02.2023: 6.000 km
Durchschnittliche Pkw-Fahrstrecke pro Tonne CO₂-Ausstoß

Folge 5, 10.03.2023: 0,6 W/m²
Strahlungsüberschuss der Erde

Folge 6, 24.03.2023: $1,25 \times 10^{-10}$ %
Anteil des Radio- am gesamten Kohlenstoff in der Atmosphäre

Folge 7, 21.04.2023: 3 m
Höhe einer Schicht aus dem gesamten CO₂ der Atmosphäre

Folge 8, 05.05.2023: –18 °C
Globale Durchschnittstemperatur ohne Treibhausgase

Bisherige Klimazahlen am Freitag

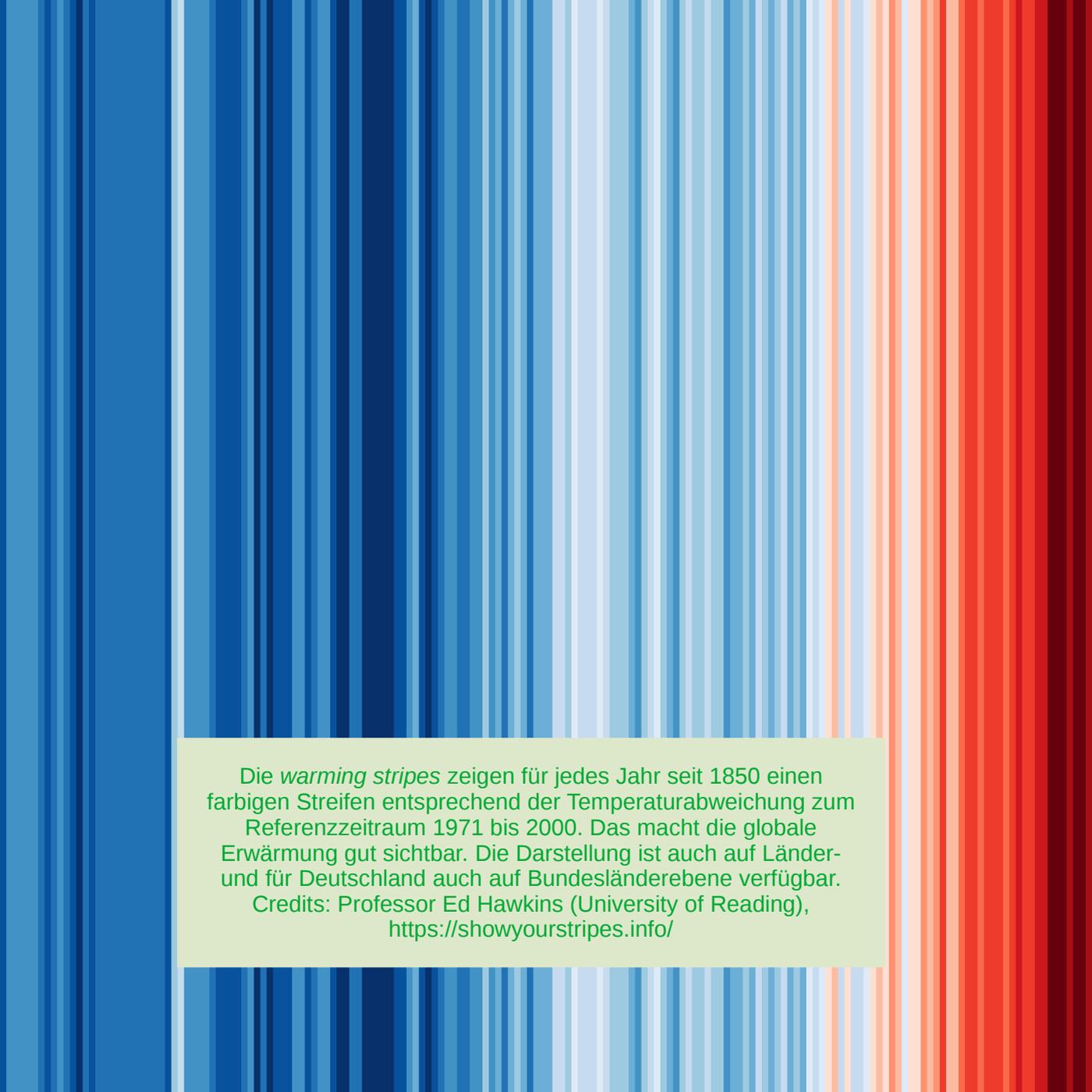
– 2 –

Folge 9, 19.05.2023: 25

Treibhauspotenzial von Methan über 100 Jahre ($\text{CO}_2 \triangleq 1$)

Folge 10, 02.06.2023: 24.300

Treibhauspotenzial von Schwefelhexafluorid über 100 Jahre



Die *warming stripes* zeigen für jedes Jahr seit 1850 einen farbigen Streifen entsprechend der Temperaturabweichung zum Referenzzeitraum 1971 bis 2000. Das macht die globale Erwärmung gut sichtbar. Die Darstellung ist auch auf Länder- und für Deutschland auch auf Bundesländerebene verfügbar.
Credits: Professor Ed Hawkins (University of Reading), <https://showyourstripes.info/>