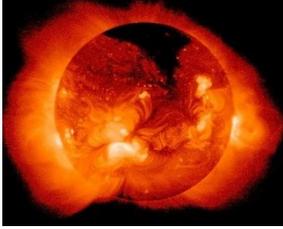


$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$



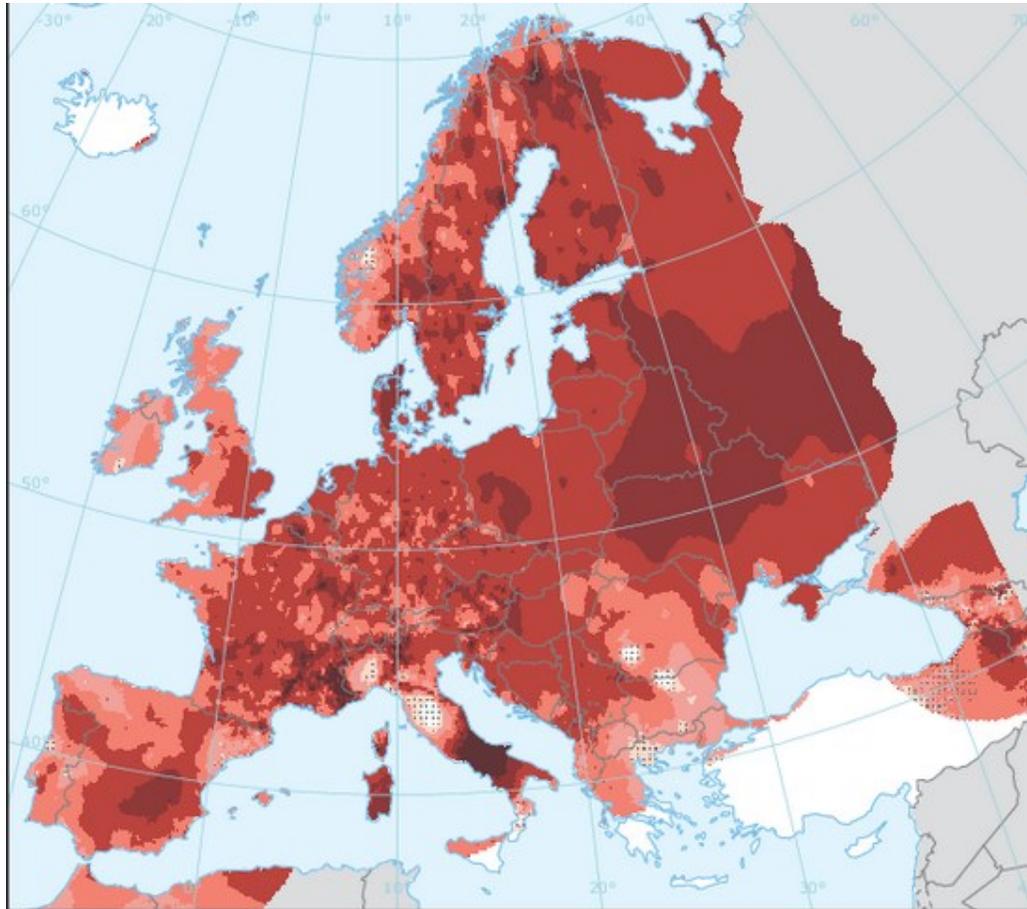
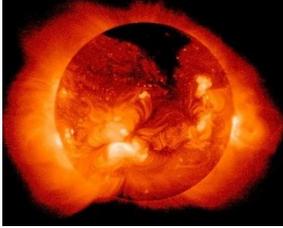
Die Physik des Klimas

Dr.-Ing. Bernd Fleischmann

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Es ist kompliziert!

- Es gibt keine global einheitliche Temperaturerhöhung
- In der Antarktis ist es kälter geworden. 2021 war der kälteste Winter, seit gemessen wird.



Observed trends in annual temperature from 1960 to 2021

°C/decade



0.0-0.1
0.1-0.2
0.2-0.3
0.3-0.4
0.4-0.5
>0.5

 Non-significant trend

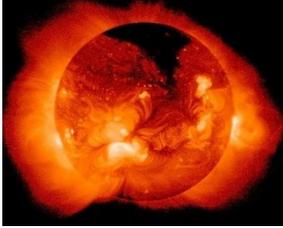
- Extrem uneinheitliche Entwicklung in Europa
- **Keine Temperaturerhöhung seit 1960** in Teilen von: Irland, Norwegen, Portugal, Rumänien, Bulgarien, Armenien, Griechenland, **Nord- und Mittelitalien**
- Die **stärkste Temperaturerhöhung in Süditalien**
- Kein Klimamodell kann das erklären!

Reference data: ©ESRI

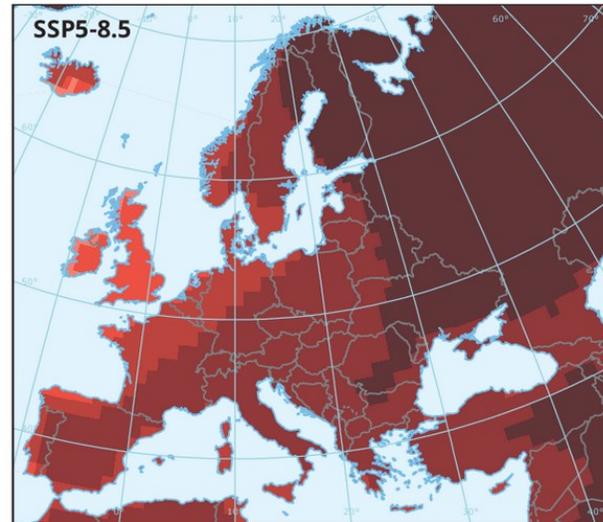
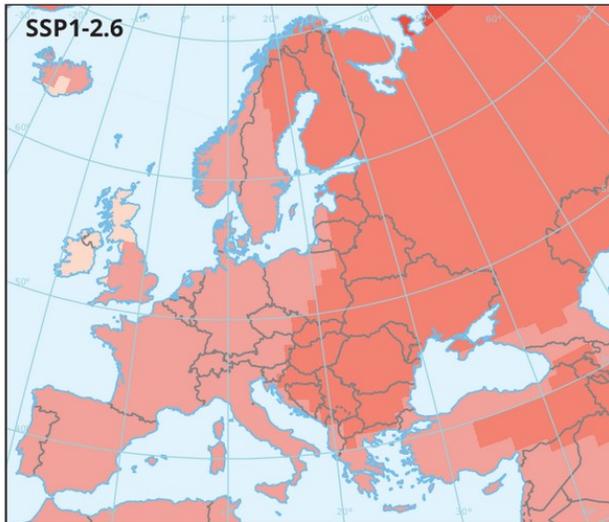
Quelle: <https://www.eea.europa.eu/ims/global-and-european-temperatures>

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Es ist zu kompliziert für die Klimamodellierer



- Die Klimamodelle der Treibhaustheoretiker können die Vergangenheit nicht abbilden
- Ihre Projektion sind undetailliert und gehen von falschen Voraussetzungen aus:



- Projizierte Temperaturerhöhung 2010-2100
- Basis: 2 IPCC-Szenarien für CO₂-Ausstoß:
- SSP1: Globale CO₂-Emissionen gehen seit 2021 zurück und werden ab 2075 negativ
- SSP5: Globale CO₂-Emissionen steigen bis 2080 stärker an als bisher, bis zum 3,5-fachen des heutigen Wertes
- Das ist völlig unrealistisch!

Projected changes in annual temperature for the forcing scenarios SSP1-2.6 and SSP5-8.5

°C

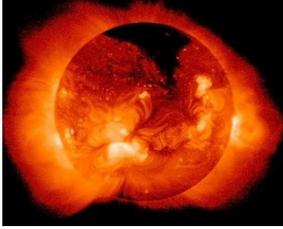


0 1 2 3 4 5 6 7

Quelle: <https://www.eea.europa.eu/ims/global-and-european-temperatures>

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

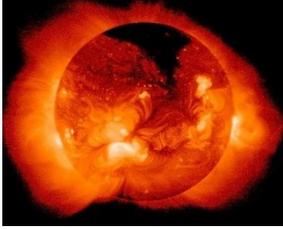
Wärmeübergänge



- 1. Wärmeleitung
 - Innerhalb von festen Körpern und Flüssigkeiten
 - Von Oberflächen an Gasmoleküle
- 2. Wärmestrahlung (elektromagnetische Strahlung)
 - Von der Sonne zu den Planeten
 - Von der Planetenoberfläche zu Gasmolekülen, Aerosolen und Wolken
- 3. Adiabatische Zustandsänderung bei Konvektion
 - Umwandlung von Wärmeenergie in potenzielle Energie
 - Temperaturabnahme bei aufsteigenden Luftmassen – und umgekehrt
- 4. Phasenübergänge
 - Schmelzen, Verdampfen, Sublimation: latente Wärme wird aufgenommen
 - Gefrieren, Kondensieren, Resublimation: latente Wärme wird abgegeben

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Wärmestrahlung



Štefan und Boltzmann

Jožef Štefan stellt 1879 fest, dass die von einem erhitzten Körper ausgestrahlte Energiemenge P proportional zur 4. Potenz der absoluten Temperatur T des Strahlers und der Fläche A ist.

Ludwig Boltzmann, ein Schüler Štefans, kann es 1884 aus den Gesetzen der Thermodynamik und Elektrodynamik herleiten:

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Das ist das **Štefan-Boltzmann-Gesetz für einen schwarzen Körper**.

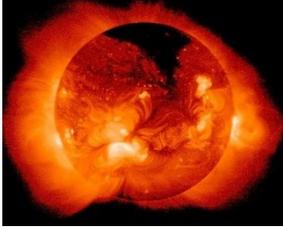
$\sigma = 5,67 \cdot 10^8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$ ist die Štefan-Boltzmann-Konstante

Štefan hat als erster die Temperatur der Sonne berechnet.



$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

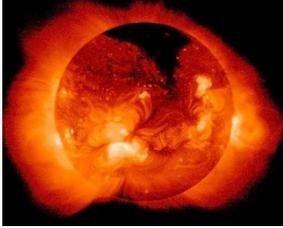
Strahlungsgleichgewicht



- Aus Energieerhaltungssatz folgt:
- Die Energie, die ein Himmelskörper von der Sonne (und der kosmischen Hintergrundstrahlung) erhält, strahlt er wieder ab.
- Gleichgewichtstemperatur (effektive Strahlungstemperatur) der Erde:
- $I_{\text{sonne}} = 1368 \text{ W/m}^2$ (Top of Atmosphere)
- Im Mittel: $I_{\text{sonne}} = 1368/4 \text{ W/m}^2 = 342 \text{ W/m}^2$
- Albedo (Reflexion) = 0,3
- $I_{\text{sonne,eff}} = (1 - 0,3) \cdot 342 \text{ W/m}^2 = 239 \text{ W/m}^2$

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Gleichgewichtstemperatur der Erde - (99,9 % - Konsens)

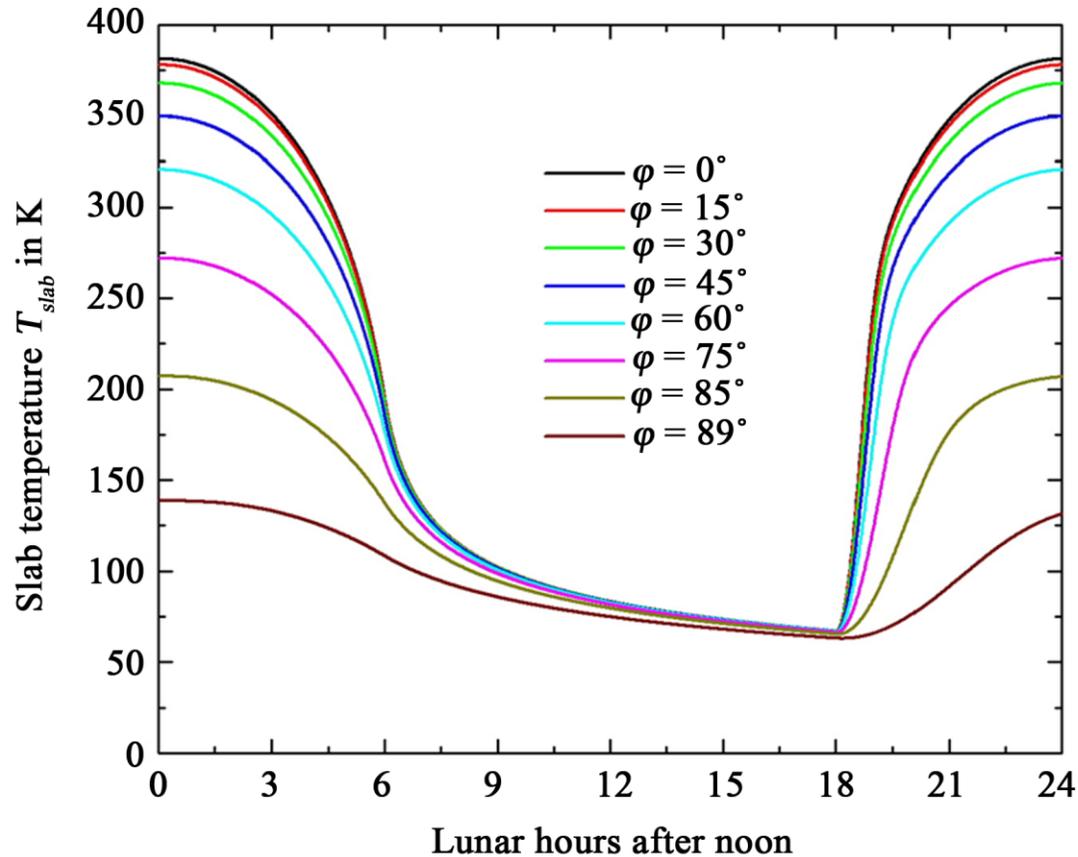
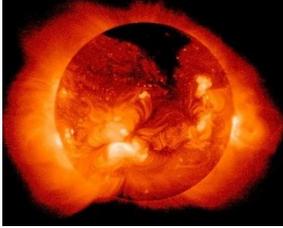


- Die Erde strahlt im Mittel 239 W/m^2 ab
- $I_{\text{erde}} = 239 \text{ W/m}^2 = \varepsilon \sigma T^4$
- Vereinfachung: $\varepsilon = 1$
- $T = 255 \text{ K} = -18 \text{ }^\circ\text{C}$
- Das ist die Gleichgewichtstemperatur „ohne Atmosphäre“
- **„Unser Mond sollte demnach eine mittlere Temperatur von $255 \text{ K} = -18 \text{ }^\circ\text{C}$ haben... wäre unser blauer Planet ohne seine wärmende Atmosphäre mit Sicherheit eine weiße Eiskugel.“**

(aus dem Büchlein „Klima“ der Helmholtz Gesellschaft, Prof. Buchal und Schönwiese)
- Gemessene mittlere Temperatur des Mondes: $-76 \text{ }^\circ\text{C}$

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Gleichgewichtstemperatur des Mondes

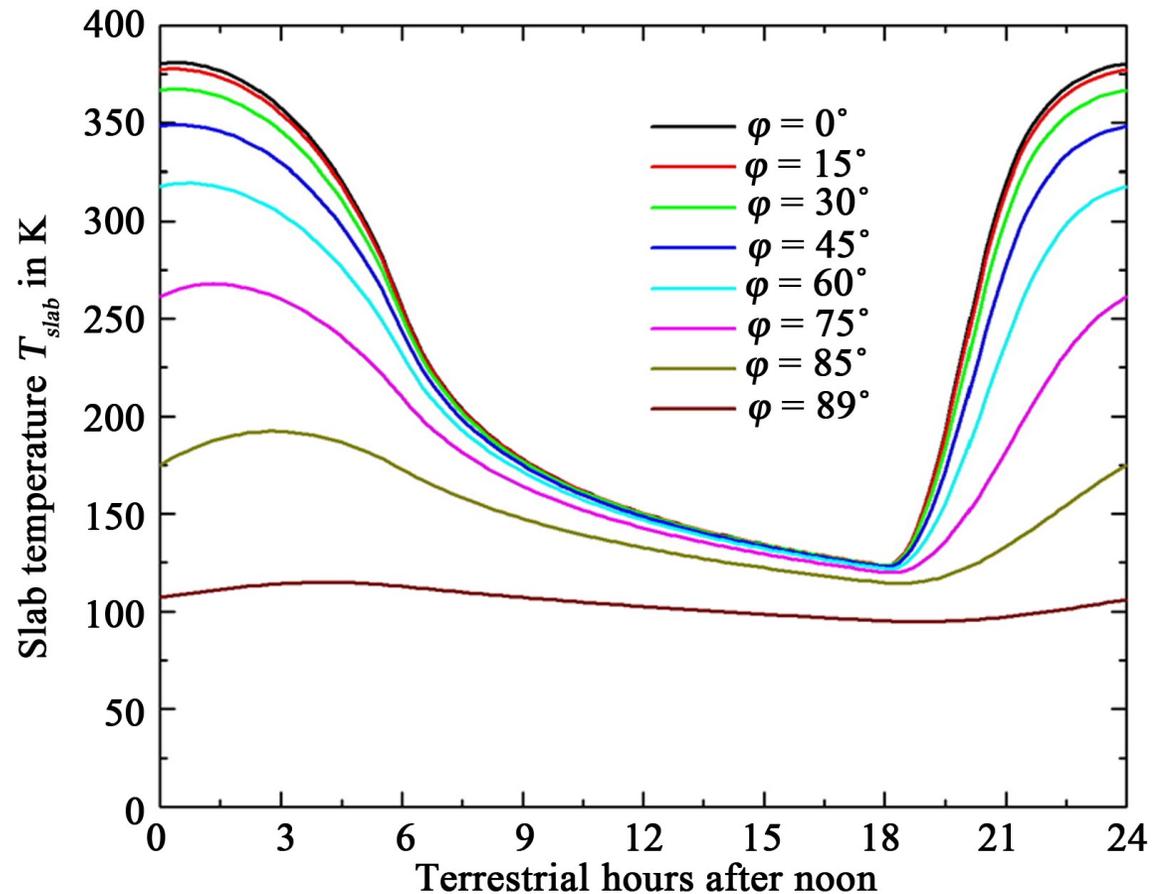
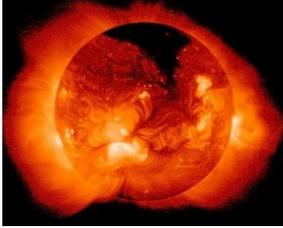


- Extreme Temperaturvariation ohne Atmosphäre
- Weil Abstrahlung proportional zu T^4 :
- Rechnung mit Temp.-Mittelwert ist falsch!

(Aus: [Kramm, G., Dlugi, R., Mölders, N., 2017: Using Earth's Moon as a testbed for quantifying the effect of the terrestrial atmosphere. Natural Science, 9, 251-288](#)).

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

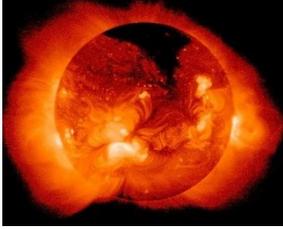
Gleichgewichtstemperatur der Erde ohne Atmosphäre



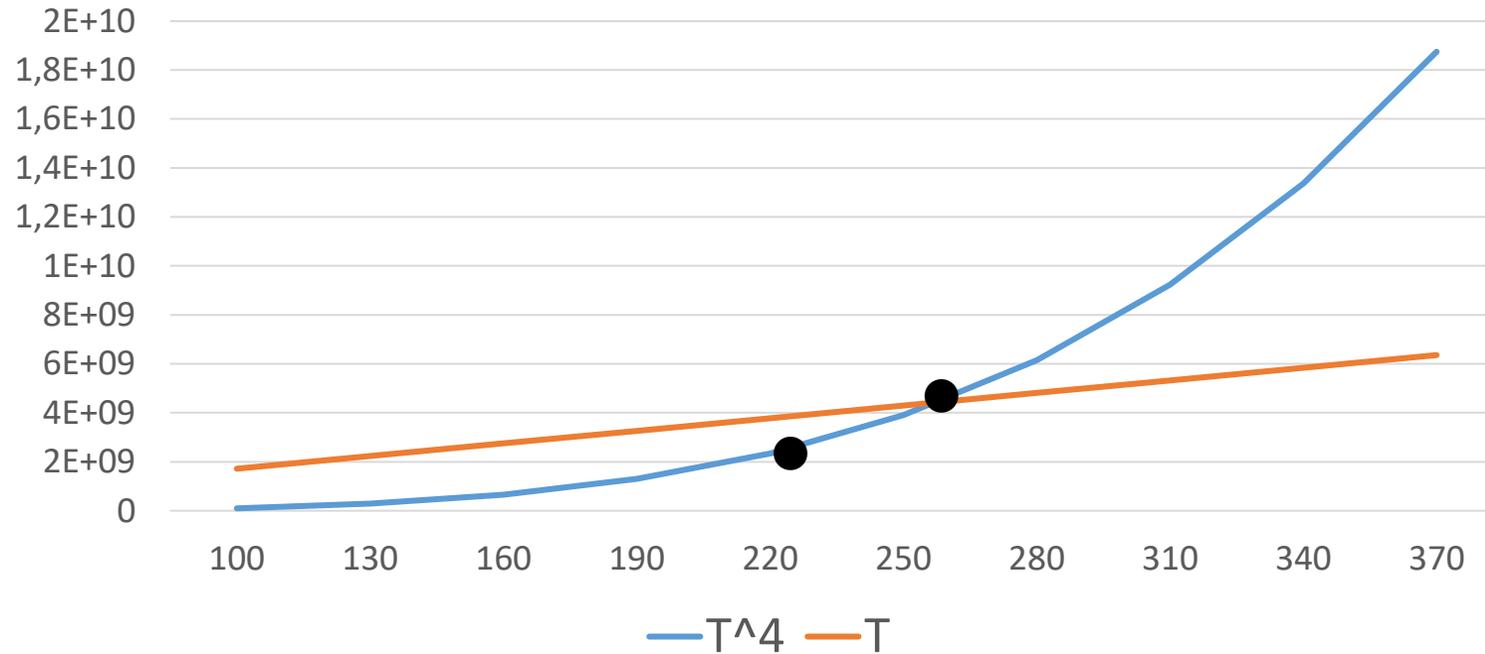
- Temperaturvariation weniger extrem als auf dem Mond, weil die Erde sich schneller um ihre Achse dreht
- Die Nacht ist 28-mal kürzer

(Aus: [Kramm, G., Dlugi, R., Mölders, N., 2017: Using Earth's Moon as a testbed for quantifying the effect of the terrestrial atmosphere. Natural Science, 9, 251-288](#)).

$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$ Gleichgewichtstemperatur der Erde ohne Atmosphäre



T⁴ vs. linear

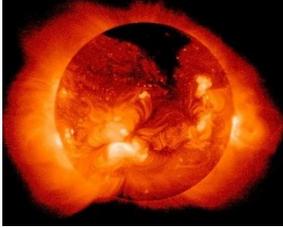


- Linear gerechnet: -18 °C
- Richtig gerechnet: -52 °C (weil hohe Temperaturen überdurchschnittlichen Einfluss haben)

➤ Temperatur der Erde mit Atmosphäre, ohne Treibhausgase? Unbekannt!

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Strahlung eines schwarzen Körpers



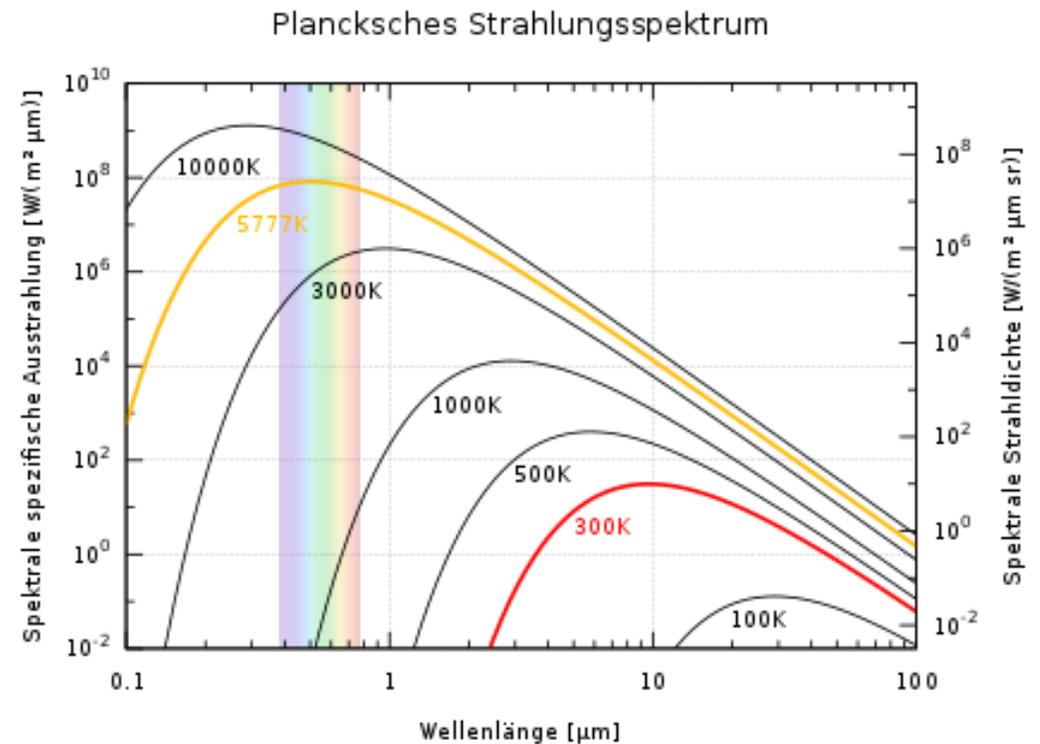
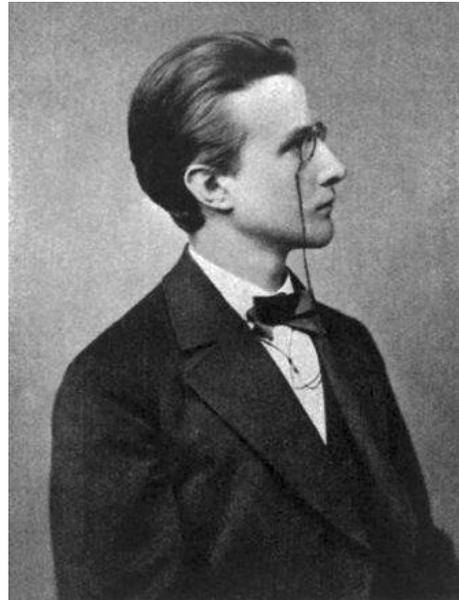
Max Planck

Fand 1900 empirisch das Gesetz für die Abhängigkeit der Strahlungsdichte E_f von Temperatur und Frequenz:

$$E_f = \frac{2h \cdot f^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h \cdot f}{k \cdot T}} - 1}$$

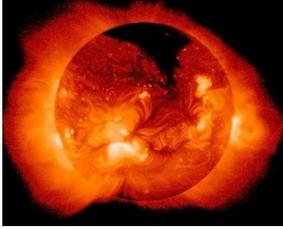
- h Plancksches Wirkungsquantum
- f Frequenz
- c Lichtgeschwindigkeit
- T absolute Temperatur

Darstellung: Strahlungsdichte E in Abh. von Temperatur und Wellenlänge $\lambda = c/f$
(Bilder: Wikipedia)

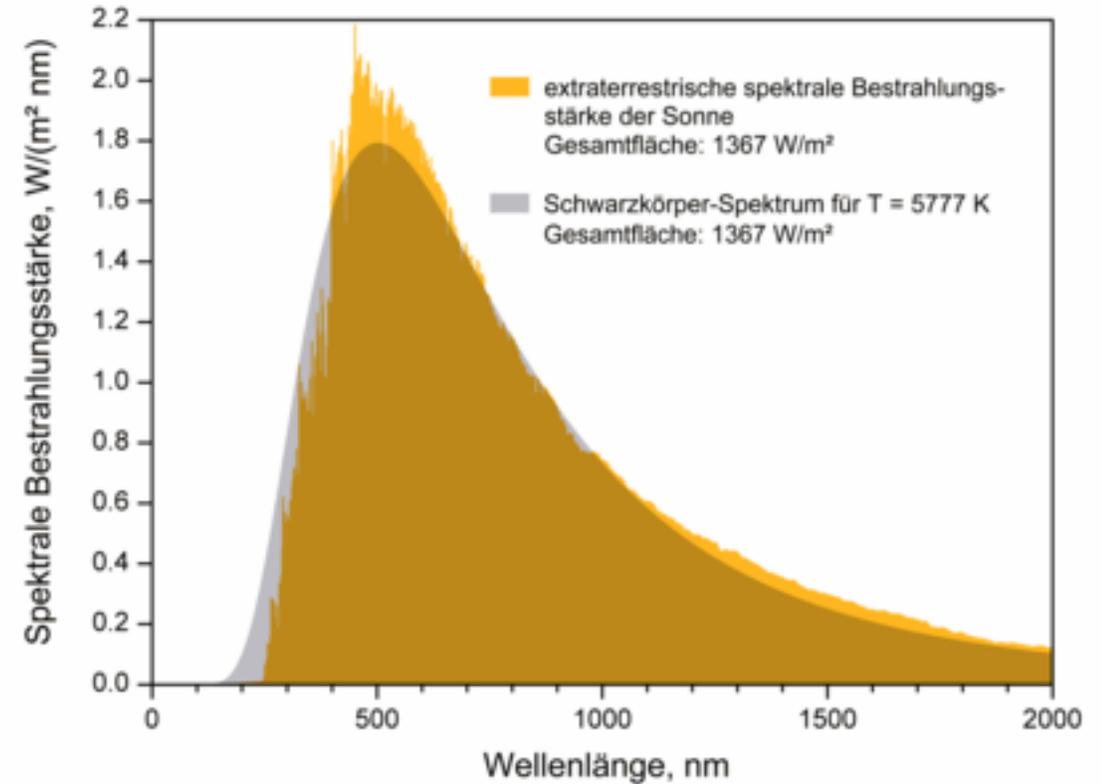


$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Sonnenstrahlung

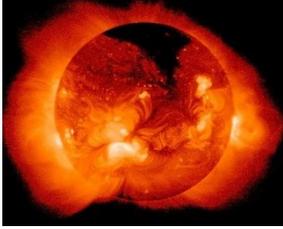


- Die Sonne ist kein schwarzer Körper
- Die gemessene Strahlungsdichte ist ähnlich einem schwarzen Körper der Temperatur 5770 K
(Bild: Wikipedia)



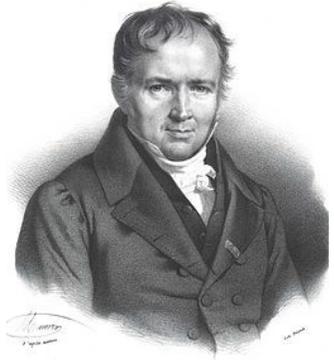
$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Adiabatengleichung



Siméon Denis Poisson

- Er beschreibt die Adiabatengleichungen, gültig für Zustandsänderungen von Gasen, bei denen keine Wärme mit der Umgebung ausgetauscht wird, z.B.



$$T \sim p^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

- γ ist das Verhältnis der Wärmekapazitäten eines Gases bei konstantem Druck c_p und bei konstantem Volumen c_v :

$$\gamma = c_p / c_v$$

- **Wenn der Druck zunimmt, nimmt auch die Temperatur zu.**

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Anwendung im konvektiven Gleichgewicht der Atmosphäre



James Clerk Maxwell 1871:

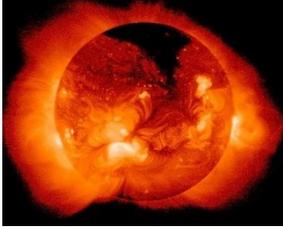
- Gravitation hat in einer ruhenden Gassäule keinen Einfluss auf das thermische Gleichgewicht.
- Das ist jedoch nicht anwendbar auf die Atmosphäre, in der die Sonnenstrahlung das thermische Gleichgewicht stört und ständig Luftmassen von einer Höhe auf eine andere gehoben werden.
- **Dadurch besteht ein konvektives Gleichgewicht, in dem nicht mehr die Temperatur konstant ist, sondern die Energie (Höhenenergie plus kinetische Energie).**
- Der Temperaturgradient folgt aus der Adiabatengleichung:

$$T \sim p^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$



$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Konvektives Gleichgewicht

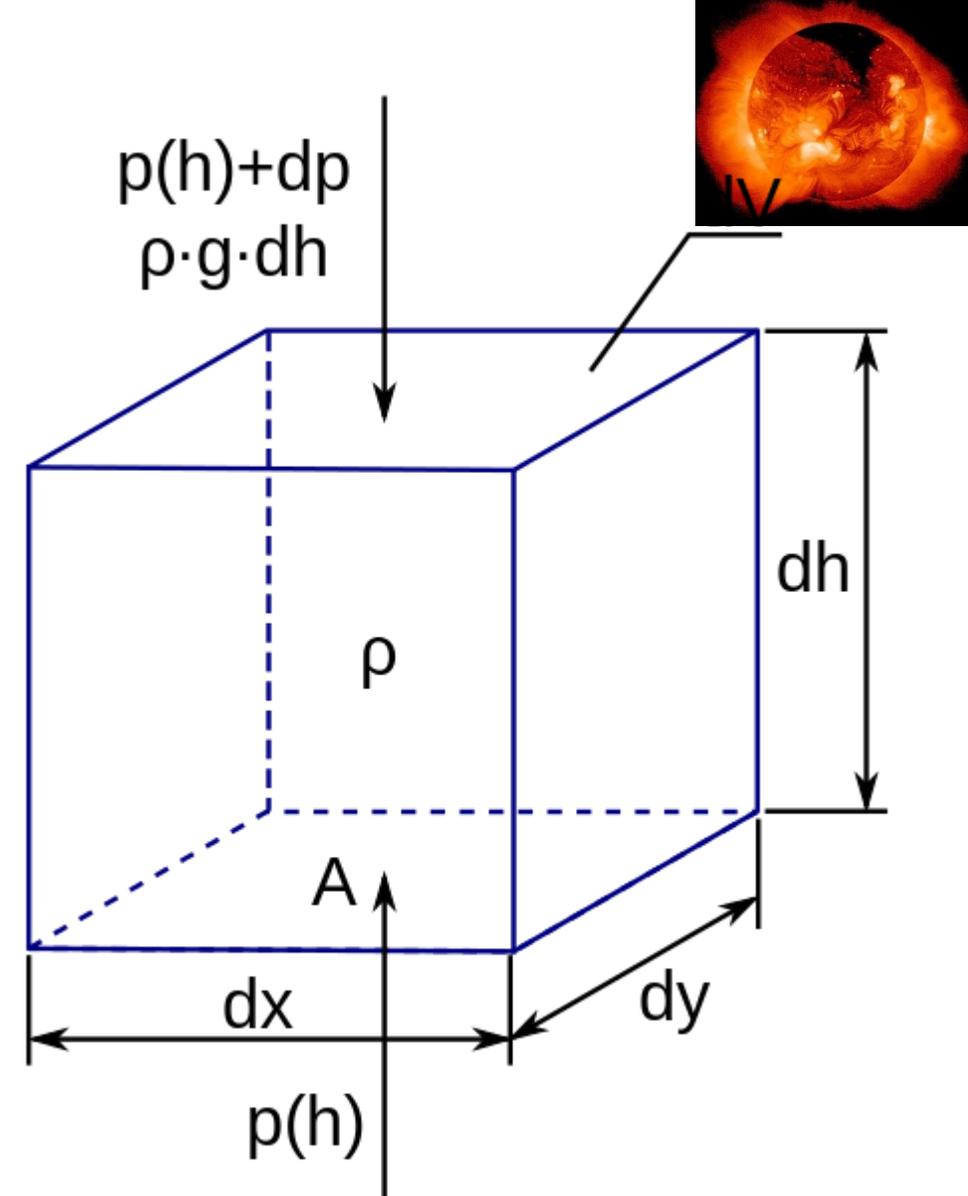


- **Moleküle, die nach oben steigen, gewinnen an potentieller Energie und verlieren an kinetischer Energie.**
- Das gilt umgekehrt für absinkende Luftmassen.
- Zusätzlich Energieumwandlung durch Phasenübergänge in einer feuchten Atmosphäre und Strahlungsabsorption und –Emission.

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

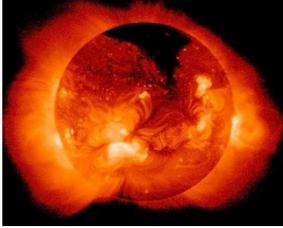
Hydrostatische Grundgleichung

- Im Kräftegleichgewicht:
- Kraft von unten: $p \cdot A$
- Gewicht des Volumenelements: $\rho \cdot g \cdot dh$
- Kraft von oben: $(p + dp) \cdot A$
- $p \cdot A = \rho \cdot g \cdot dh + (p + dp) \cdot A$
- $\frac{dp}{dh} = -\rho \cdot g$
- Ideales Gasgesetz: $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$
- M ist die mittlere molare Masse der Atmosphärgase (0,02896 kg/mol)
- R ist die Gaskonstante (8,314 J K⁻¹ mol⁻¹)
- $\frac{dp}{dh} = -\frac{p \cdot M \cdot g}{R \cdot T}$



$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Temperaturgradient für trockene Luft



➤ Adiabatangleichung:

$$T \sim p^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

➤ Ableitung:

$$\frac{dT}{T} = \frac{dp}{p} \frac{\gamma-1}{\gamma} \quad dT = T \cdot \frac{dp}{p} \frac{\gamma-1}{\gamma}$$

➤ Hydrostatische Grundgleichung:

$$\frac{dp}{dh} = -\frac{p \cdot M \cdot g}{R \cdot T} \quad \frac{dp}{p} = -\frac{dh \cdot M \cdot g}{R \cdot T}$$

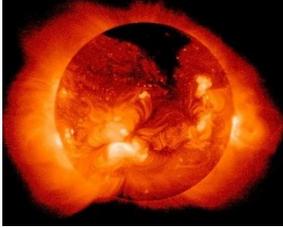
➤ Temperaturgradient in Atmosphäre: $dT = -\frac{\gamma-1}{\gamma} \cdot \frac{dh \cdot M \cdot g}{R}$

$$\frac{dT}{dh} = -\frac{\gamma-1}{\gamma} \cdot \frac{M \cdot g}{R} = -9,79 \text{ K/km} \quad (-9,79 \text{ } ^\circ\text{C/km})$$

➤ Die Temperatur (trockene Luft, Gase gut durchmischt) ändert sich linear mit der Höhe

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

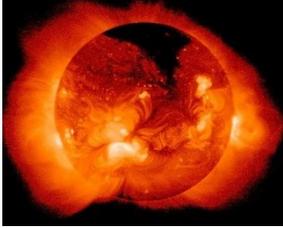
Barometrische Höhenformel bei Phasenübergängen



- Planetarische Troposphären sind nicht trocken-adiabatisch wegen der Phasenübergänge von Gasen während der Konvektion:
- Adiabaten Gleichung mit Korrekturfaktor k $T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$
:
- Erdatmosphäre: k hängt von Luftfeuchtigkeit und Temperatur ab ($0,5 < k < 0,9$)
- Beim Aufsteigen feuchter Luft kondensiert der Wasserdampf teilweise, die freiwerdende Verdampfungswärme reduziert die Abkühlung
- Temperaturgradient in Atmosphäre: $\frac{dT}{dh} = -k \frac{\gamma-1}{\gamma} \cdot \frac{M \cdot g}{R}$
- Typischer Wert für Europa: $-6,5 \text{ K/km}$ ($-6,5 \text{ °C/km}$)

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Temperatur der Venus



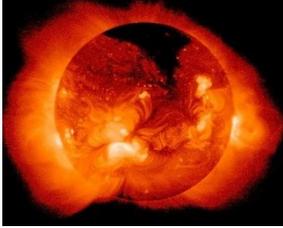
Behauptung Mojib Latif bei Markus Lanz am 25.5.2023:

„Auf der Venus hat’s so eine Art Klimakatastrophe gegeben. Die Venus-Atmosphäre besteht heute zu fast 95 Prozent aus CO2. Bei uns sind es 0,042 %. Und das reicht gerade aus, um die Temperatur bei uns gerade so bei 15 Grad zu halten.“

*Auf der Venus, wo es über 95% sind, dort haben wir Temperaturen von weit über 400 Grad. **Krasser Treibhauseffekt.** Der Hauptgrund ist, dass es tatsächlich diesen krassen Treibhauseffekt gibt.“*

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Vereinfachte Rechnung für die Venus



- **Einstrahlung von der Sonne:** $S_{\max} = 2601 \text{ W/m}^2$ (laut NASA Factsheet)
- Die geschlossene Wolkendecke, die dichte Atmosphäre und die hohen Wolken-geschwindigkeiten sorgen dafür, dass die Temperaturen sehr ausgeglichen sind. Wir verteilen die eintreffende Sonnenstrahlung gleichmäßig über die Venus und ziehen die **Reflexion durch die Wolken** (77 %) ab.
- Die **Absorption über den Wolken** wird dominiert von Schwefeldioxid und vom Absorptionsband des Kohlendioxids bei $2,8 \mu\text{m}$. Wir nehmen für die Absorption einen Wert von 1 % an.
- 98 % der Strahlung wird in den Wolken absorbiert, die in den oberen Kilometern hauptsächlich aus Schwefelsäurekristallen bestehen. Damit erhalten wir eine effektive **absorbierte Intensität** I_{eff} von



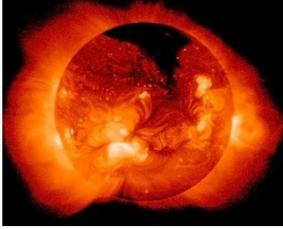
$$I_{\text{eff}} = S_{\max} (1 - 0,77) \cdot (1 - 0,01) \cdot 0,98 / 4 = \mathbf{145 \text{ W/m}^2}$$

- Mit dem **Strahlungsgesetz von Štefan-Boltzmann** $I = \varepsilon \sigma T^4$, der Vereinfachung, dass die Emissivität $\varepsilon = 1$ ist und der Strahlungskonstante $\sigma = 5,67 \cdot 10^8 \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$ erhalten wir die Temperatur für das Strahlungsgleichgewicht:

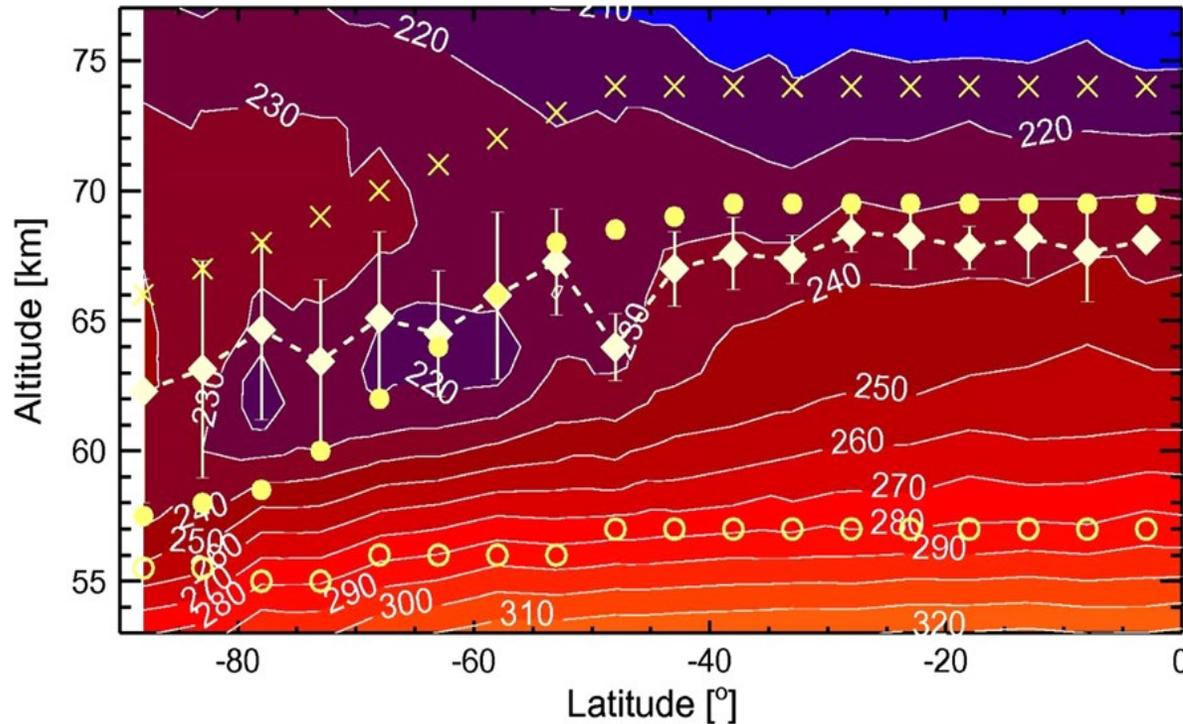
$$T_1 = (I_{\text{eff}} / (\varepsilon \sigma))^{1/4} = \mathbf{225 \text{ K}}$$

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Vereinfachte Rechnung für die Venus



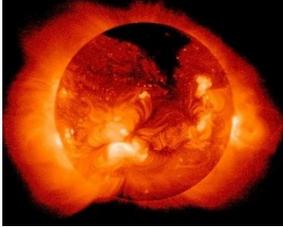
- $T_1 = 225 \text{ K}$ ist die Temperatur, die sich an der Oberkante der Wolken einstellt.



- Die Grafik zeigt die mit verschiedenen Methoden gemessene Höhe der Wolkenoberkante (● ◇ x) und die Isothermen der gemessenen Temperatur in Abhängigkeit vom Breitengrad.
- Die Veröffentlichung bestätigt, dass die **von der Venus ausgehende Strahlung aus Reflexion und thermischer Emission von der Wolkenoberkante** resultiert ([Limaye et al., 2017](#)).
- Außerdem schreiben die Autoren „*its atmosphere is heated from the top*“, **die Venus-Atmosphäre wird von oben beheizt**.
- Das Gleiche gilt für alle anderen Planeten mit dichter Wolkendecke.

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Vereinfachte Rechnung für die Venus



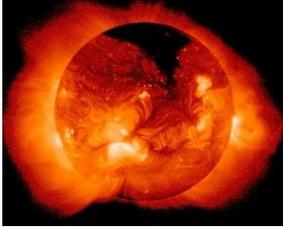
- Um die **Adiabatengleichung von Poisson** anwenden zu können, benötigen wir den Isentropenexponenten γ der Venusatmosphäre. Bei 96,5 % CO_2 und 3,5 % N_2 ergibt sich ein Wert von $\gamma = 1,3$.
- Um Phasenübergänge in der Atmosphäre zu berücksichtigen: Korrekturfaktor $k = 0,8$ weil es die NASA seit Carl Sagan auch so macht.

$$T_1 / T_0 = (p_1 / p_0)^{k(\gamma-1)/\gamma}$$

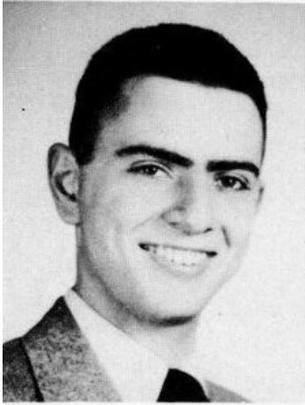
- Jetzt haben wir alles, um T_0 - **die Temperatur auf der Venusoberfläche** - zu berechnen.
- Das Ergebnis: $T_0 = 736 \text{ K} = 463 \text{ °C}$
- **Die NASA hat im Mittel 464 °C gemessen.**
- Es wurden ein paar Vereinfachungen gemacht (konstanter Korrekturfaktor k und Isentropenexponent γ , komplette Absorption der Sonnenstrahlung an der Wolkendecke statt darüber beginnend und in den Wolken sich fortsetzend), die sich offenbar in ihrer Auswirkung kompensieren.
- Gäbe es einen zusätzlichen, starken Treibhauseffekt durch Kohlendioxid auf der Venus, wären der Temperaturgradient und die Temperatur an der Oberfläche viel höher als die gemessenen Werte.

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Konvektiv-adiabatisches Modell vs. „Treibhauseffekt“



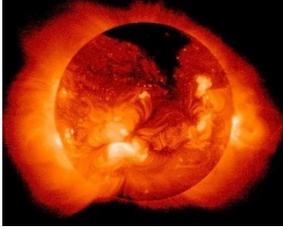
Carl Sagan 1960



- Sagan hat die Temperatur der Venus mit der Strahlungsbilanz an der Wolkendecke und der Adiabatengleichung berechnet.
- **Weil die Dicke der Venusatmosphäre (30 km) und der Druck auf der Oberfläche (4 bar) damals falsch geschätzt wurden (es gab noch keine Venus-Sonden), erhielt er eine zu niedrige Temperatur.**
- **Deswegen hat er einen „galoppierenden Treibhauseffekt“ postuliert.**
- Im Buch „Cosmos“ hat er einen „galoppierenden Treibhauseffekt“ auch für die Erde prophezeit, sollte sie sich um 1 oder 2 °C erwärmen.
- Er hat nicht gewusst, dass die Erde im Atlantikum und in der Eem-Warmzeit diese Schwelle – heute sagen Klimaalarmisten dazu „Kipppunkt“ – überschritten hatte.
- **Seine Fehler halten sich bis heute.**

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Konvektiv-adiabatisches Modell vs. „Treibhauseffekt“



Robinson und Catling 2012 (NASA Astrobiology Institute)

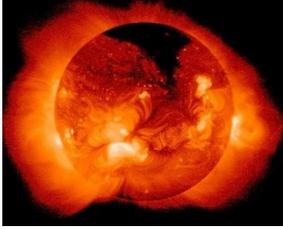
- *Konvektion ist nicht in die Treibhausmodelle integriert, aber Teil der Physik der Planeten.*
- ***Daher vernachlässigen Strahlungsgleichgewichtsmodelle die physikalischen Grundlagen der thermischen Struktur.***
- Planetarische Troposphären sind nicht trocken-adiabatisch wegen der Phasenübergänge von Gasen während der Konvektion:

$$T = T_0 \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\alpha(\gamma - 1)/\gamma}$$

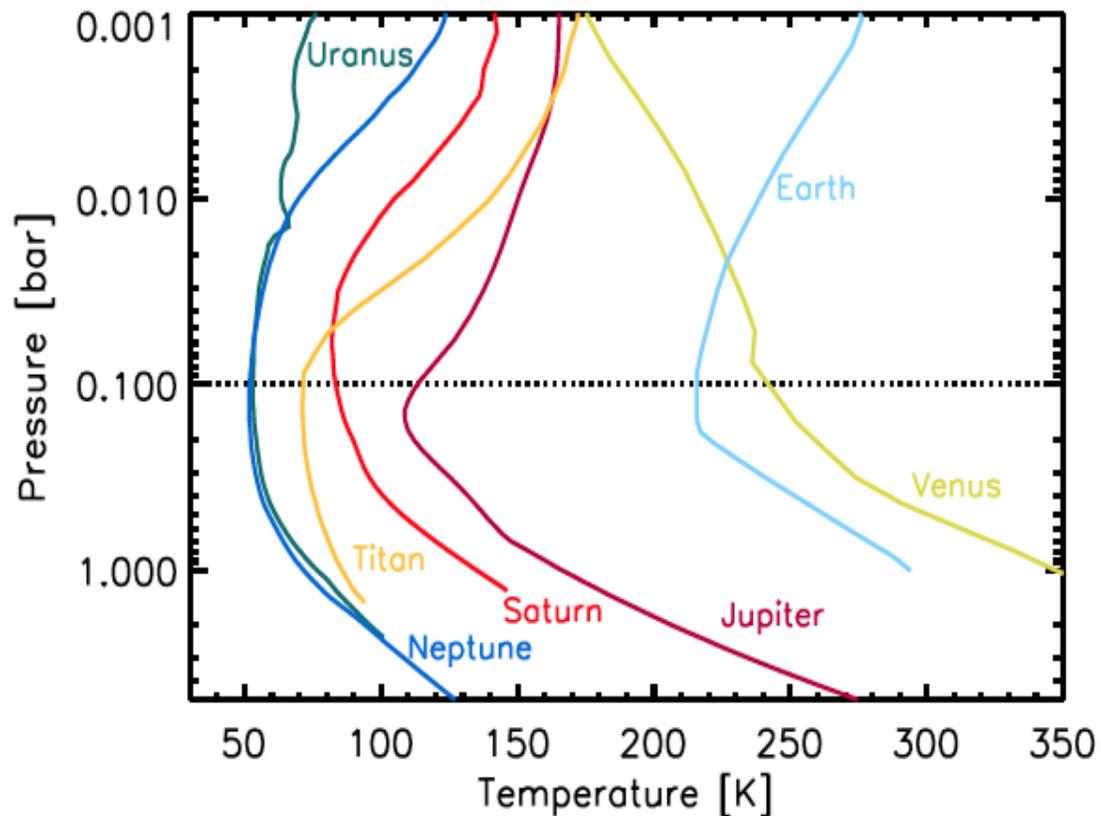
- Der Faktor α (zwischen 0,6 und 0,9) steht für die frei werdende Kondensationswärme.

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Relevanz des konvektiv-adiabatischen Modells



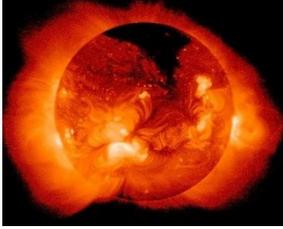
Robinson und Catling 2013 (NASA Astrobiology Institute)



- In allen Planeten separiert die Tropopause eine **Stratosphäre** mit einem Temperaturprofil, das durch die Absorption der Sonnenstrahlung kontrolliert ist,
- von der **Troposphäre**, die durch Konvektion, Wetter und Wolken charakterisiert ist.
- Jupiter hat eine Atmosphäre aus im Wesentlichen H_2 und He und wird im Inneren etwa 10000 K heiß.

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Temperatur der Venus mit Erdatmosphäre



- Wir tauschen die Venusatmosphäre (96,5 % CO₂, 3,5% N₂) aus durch 78 % N₂, 21 % O₂ und 1 % Ar. Es ergibt sich ein effektives γ_{EA} (EA = Erdatmosphäre) von 1,402. Wir behalten den Korrekturfaktor $k = 0,8$ bei (die Atmosphäre ist trockener als auf der Erde im Mittel).
- Weil N₂- und O₂-Moleküle wesentlich leichter sind als CO₂-Moleküle berücksichtigen wir das (mittlere molare Masse Erdatmosphäre: 28,79 g/mol, Venus: 43,45 g/mol).
- Es errechnet sich daraus ein Druck am Boden von $p_{0EA} = 61$ bar statt zuvor 92 bar.
- Die Albedo und die Sonnenintensität lassen wir gleich:

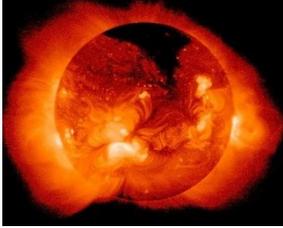
$$T_1 / T_{0EA} = (p_1 / p_{0EA})^{k(\gamma_{EA}^{-1})/\gamma_{EA}}$$

$$T_{0EA} = 892 \text{ K} = 619 \text{ °C}$$

- **Wäre die Venusatmosphäre wie die Erdatmosphäre zusammengesetzt, also N₂ und O₂ statt CO₂, wäre ihre Oberflächentemperatur sogar noch höher, um mehr als 150 °C!**

$$T \sim p^k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}$$

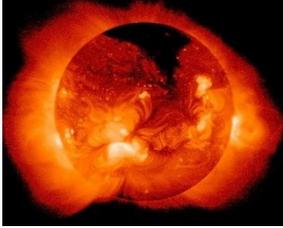
Was sagen die Klimaalarmisten zur Venus?



- „Ein Vergleich mit unserem Nachbarplaneten Venus zeigt, welche Macht der Treibhauseffekt im Extremfall entfalten kann. ... Man könnte daher erwarten, dass die Venusoberfläche kälter ist als die Erdoberfläche. Das Gegenteil ist jedoch der Fall: Auf der Venus herrschen siedend heiße 460 °C. **Grund dafür ist ein extremer Treibhauseffekt:** Die Atmosphäre der Venus besteht zu 96 Prozent aus CO₂.“
Aus: „Der Klimawandel: Diagnose, Prognose, Therapie“, von Stefan **Rahmstorf**, Hans-Joachim **Schellhuber** (2007)
- **Ja, das war es schon. Sie unternehmen nicht den Versuch der Berechnung, oder haben es versucht und sind gescheitert.**
- „Eine Atmosphäre aus reinem Kohlendioxid, das ist ja wohl klar, was da vor sich geht! **Treibhauseffekt, galoppierend kann ich da nur sagen. Da kommt ja überhaupt nichts raus!**“ (Harald **Lesch** beim ZDF 2015)
- „**Der Klimawandel ist ausgeforscht, wir müssen handeln**“ (Harald Lesch im Sonntagsblatt, 5.1.2019)
- „Ein Vergleich mit der Venusatmosphäre zeigt, wie viel Spielraum der durch den Menschen verursachte Treibhauseffekt prinzipiell noch zulässt. Ihr CO₂-Gehalt liegt bei 96,5 % (Erdatmosphäre 0,037 %). Auf der Venus herrscht ein **gigantischer Treibhauseffekt**. Obwohl 95 % des einfallenden Sonnenlichtes durch die dichten Wolken reflektiert werden, reichen die restlichen 5 % aus, um unseren Nachbarplaneten aufzuheizen.“ (**Umweltbundesamt** 2013).
- Ähnliche Falschaussagen finden sich auf vielen Webseiten.
- **Wer im 21. Jahrhundert von einem galoppierenden Treibhauseffekt auf der Venus spricht, kennt die aktuelle Literatur nicht oder leugnet sie.**

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

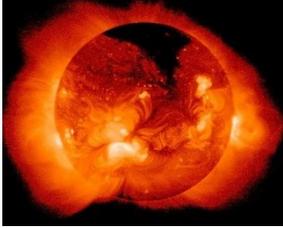
Berechnung der Temperatur der Erde



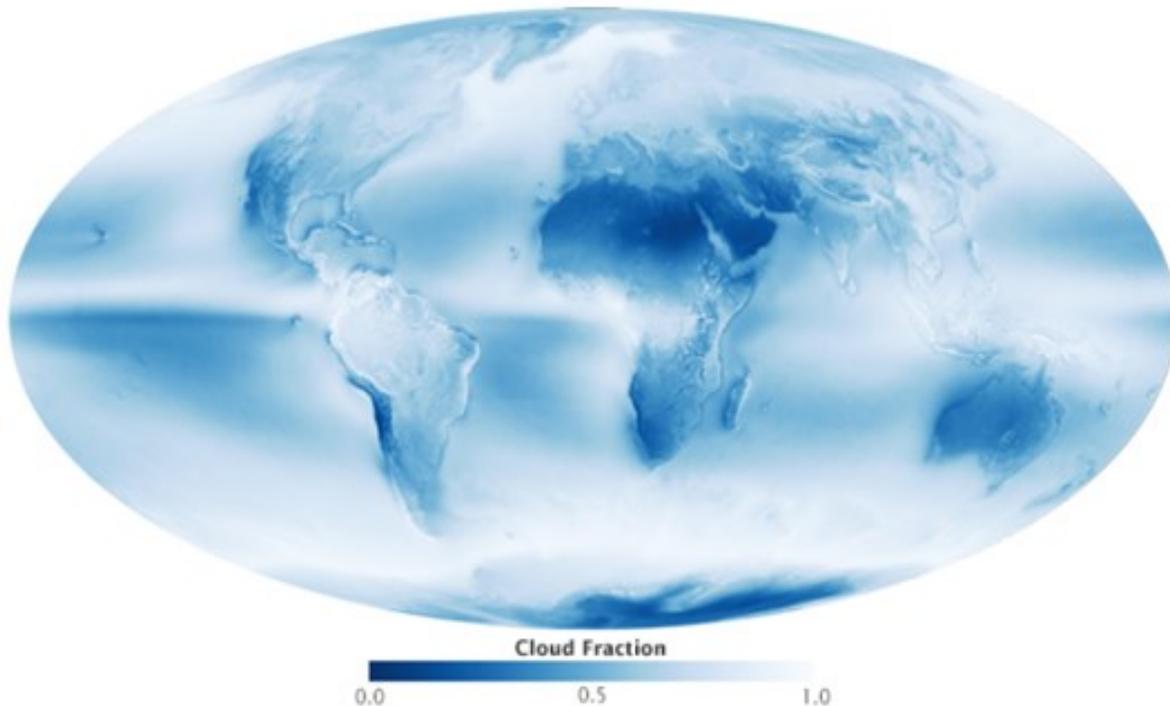
- Berechnung der mittleren, oberflächennahen Temperatur der Erdatmosphäre ist schwierig.
- Variation der Temperatur geografisch, täglich und jahreszeitlich.
- Variation der Wolkenbedeckung: Es ändert sich der Mittelwert (schwankt um 65 %), die Formen und Höhen, dadurch die Durchlässigkeit für Sonnen- und Infrarotstrahlen; mittags gibt es mehr Wolken als um Mitternacht und manchmal gibt es mehrere Lagen von Wolken übereinander.
- Manchmal werden mehr als 90 % der Sonnenstrahlung in den Wolken absorbiert, manchmal ist die Luft so trocken, dass der Wasserdampf keine Rolle spielt.
- Mit den Worten eines Treibhaustheoretikers (“The Far-infrared Earth”, [Harries, 2008](#)):
„Berücksichtigt man all diese Ungewissheiten, ist es sehr unwahrscheinlich, dass Klimamodelle akkurate Beschreibungen dieser Prozesse enthalten.“
- Die Erdatmosphäre wird von oben – über die Absorption der Sonnenstrahlung in den Wolken wie auf der Venus – und von unten über die Wasser- und Erdoberfläche erwärmt.

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Temperaturberechnung der Erde am Äquator



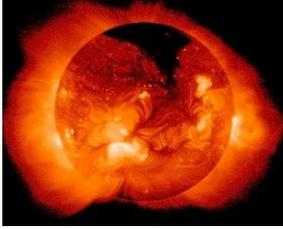
- Am Äquator sind die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht, Sommer und Winter sehr gering und die Wolkenbedeckung ist konstant hoch, oft > 90% (<https://earthobservatory.nasa.gov/images/85843/cloudy-earth>).



- Für die Berechnung berücksichtigen wir nur die IR-absorbierenden und –emittierenden Eigenschaften der Wassertropfen und Eiskristalle der Wolken.
- Dicke Wolken absorbieren fast komplett die von der Erdoberfläche oder Atmosphären-gasen emittierten Infrarotstrahlen.
- Auch die Sonnenstrahlung (der nicht reflektierte Teil) wird von ihnen zu über 90 % absorbiert.

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Temperatur der Erde am Äquator



- Effektive Intensität der Sonneneinstrahlung:
- Weil die Sonne zwischen dem nördlichen und dem südlichen Wendepunkt „wandert“, ziehen wir 4 % ab. Dann ziehen wir 2 % für die Absorption in der Atmosphäre über den Wolken und 6 % für Reflexion und Streuung oberhalb der Tropopause ab:

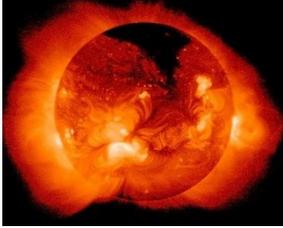
$$I_{\text{eff}} = S_{\text{max}} \cdot (1 - 0,04) \cdot (1 - 0,02) \cdot (1 - 0,06) / \pi = 383 \text{ W/m}^2$$

- Von den Wolken absorbierte Intensität:
- Die Wolken reflektieren etwa 34 % der Sonnenstrahlung.
- Die Absorption in den Wolken entspricht der gemessenen Emissivität von 90 %

$$I_{\text{Wolken}} = 228 \text{ W/m}^2$$

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

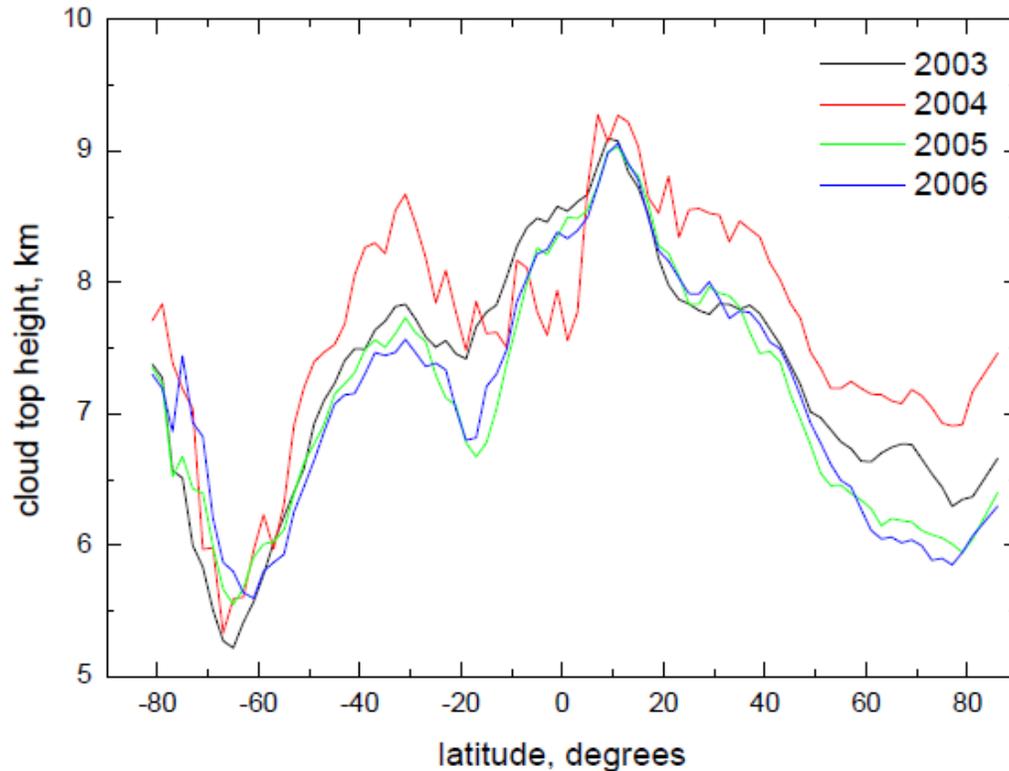
Temperatur der Erde am Äquator



- Wir wenden das Strahlungsgesetz an und erhalten die Temperatur der Wolkenoberkante

- $T_{\text{Wolken}} = (I_{\text{Wolken}} / (\varepsilon \sigma))^{1/4} = 252 \text{ K} = -21 \text{ °C}$

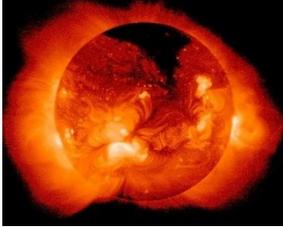
- Die Wassertropfen sind gefroren, es sind Eiskristalle. Das erklärt die hohe Emissivität.



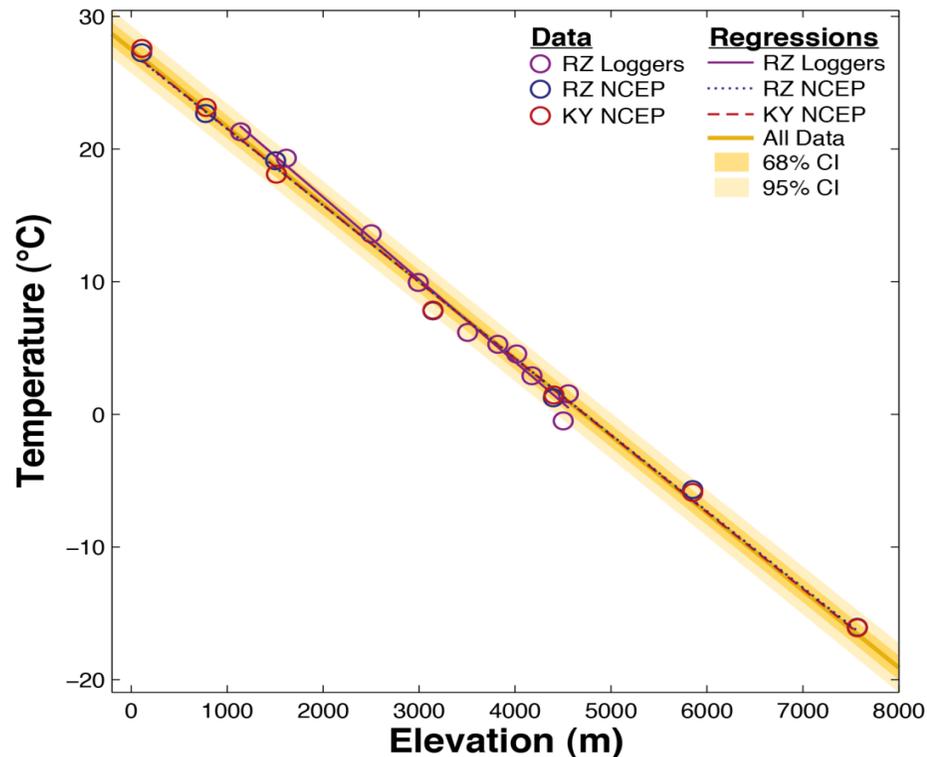
- ENVISAT-Satellitenmessungen zeigen uns die Höhe der Wolkenoberkante.
- Die mittlere Höhe der Jahre 2003 bis 2006 ist $h_w = 8400 \text{ m}$.
- (Grafik aus [Kokhanovsy, 2011](#))

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Temperatur der Erde am Äquator



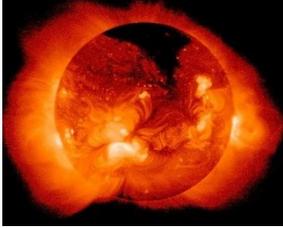
- Welchen **Temperaturgradienten dT/dh** müssen wir verwenden? Er müsste zwischen dem der feuchten Luft (-5 K/km) und dem für Europa (-6,5 K/km) liegen.
- Messung aus Ostafrika: **$dT/dh = -5,8$ K/km**, in der Mitte der beiden genannten Werte.



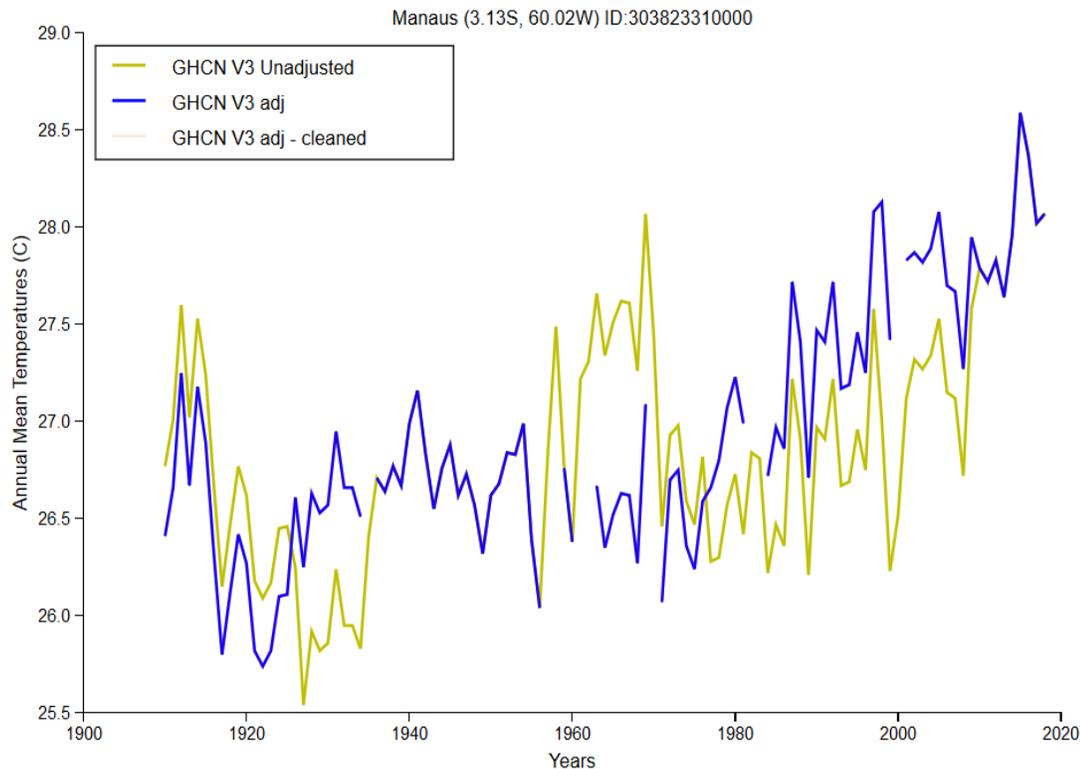
- Die Grafik zeigt den für eine im konvektiven Gleichgewicht befindliche Atmosphäre zu erwartenden linearen Verlauf der Temperatur in Abhängigkeit von der Höhe ([Loomis et al, 2017](#)).
- Die Bodentemperatur ergibt sich dann zu
$$T_{\text{Boden}} = T_{\text{Wolken}} - h_W \cdot dT/dh = 300 \text{ K} = \mathbf{27 \text{ °C}}$$
- Wie bereits bei der Venus wurden ein paar Vereinfachungen gemacht.

$$T \sim p^k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}$$

Temperatur der Erde am Äquator - Messungen



- 27 °C ist eine typische Temperatur für die Inselgruppen am Äquator (Malediven, Kiribati, Micronesien, etc.), sowohl für die Wasser- als auch die Lufttemperatur.
- Liegt es also nur an den Ozeanen und ihrer hohen Speicherfähigkeit?

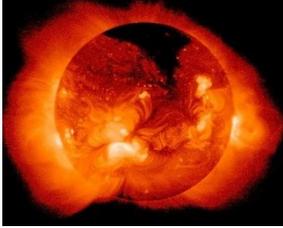


- Beispiel Manaus in Brasilien, mehr als 1000 km vom Atlantik entfernt : 27 °C
- Temperaturanstieg seit 1970 durch den Effekt der urbanen Hitzeinsel.
- Die Stadt ist von damals 300 000 Einwohnern auf heute 2,2 Millionen gewachsen.
- **Die konvektiv-adiabatische Rechnung liefert für die Erde am Äquator das richtige Ergebnis!**

(Grafik: <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/stdata/>)

$$T \sim p^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Temperatur am Äquator mit Strahlungsgleichgewicht



- Berechnung der Temperatur des Sandstrands der meist wolkenfreien Seychellen.
- Der weiße Sand reflektiert ungefähr 40 % der Sonnenstrahlung.
- Wir berechnen das lokale Gleichgewicht bei maximaler Sonneneinstrahlung gegen Mittag.
- Wir ziehen 6 % für Reflexion u. Streuung und 18 % für die Absorption der Atmosphäre ab.

- Die Rechnung mit dem Štefan-Boltzmann-Gesetz ergibt:

$$I_{\text{eff,Sand}} = (1 - 0,4) \cdot (1 - 0,06) \cdot (1 - 0,18) \cdot S_{\text{max}} = 629 \text{ W/m}^2$$

$$T_{\text{Sand}} = (I_{\text{eff,Sand}} / (\epsilon \sigma))^{1/4} = 325 \text{ K} = \mathbf{52 \text{ }^\circ\text{C}}$$

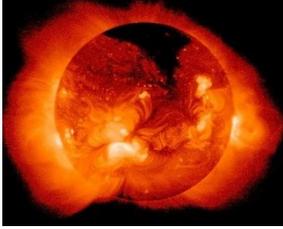
- IPCC-Treibhausmodell: Gegenstrahlung der Treibhausgase 342 W/m² bei 15 °C.
- Bei 27 °C ist die Gegenstrahlung dann mehr als 403 W/m².
- Weil die Gegenstrahlung mit zunehmendem Wasserdampfgehalt zunimmt und am Äquator die Luftfeuchtigkeit sehr hoch ist, ist 403 W/m² die Untergrenze.

$$T_{\text{Sand, Treibhaus}} > (I_{\text{eff,Treibhaus}} / (\epsilon \sigma))^{1/4} = 367 \text{ K} = \mathbf{94 \text{ }^\circ\text{C}}$$

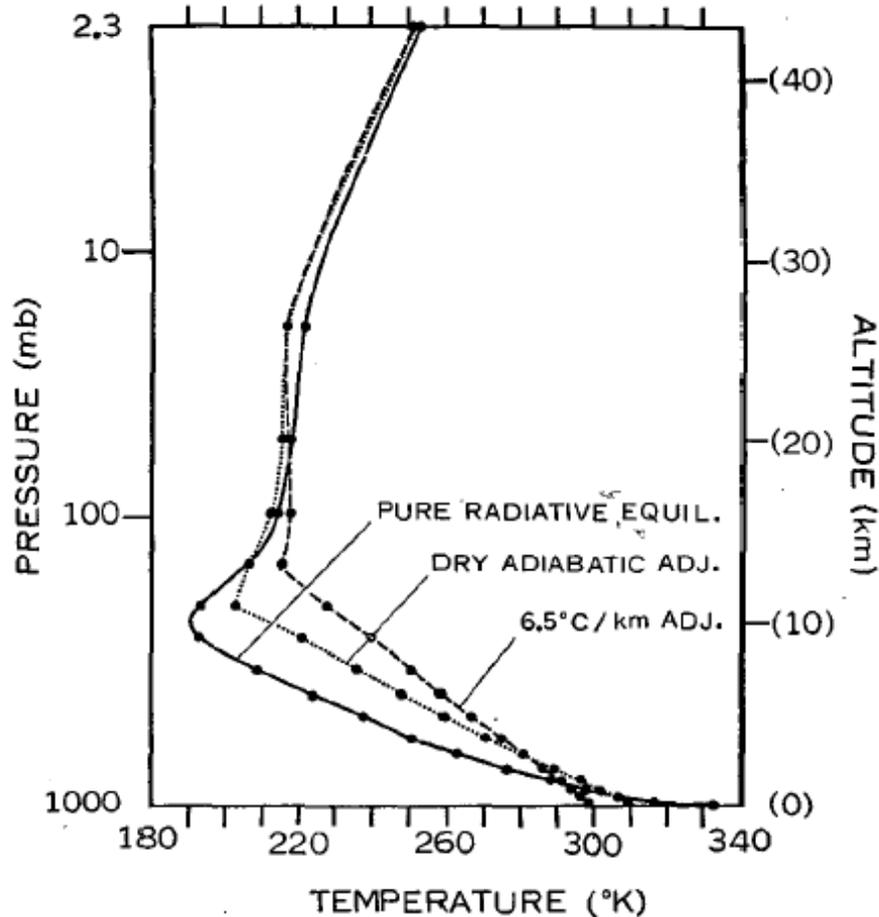
- **Die IPCC-Treibhaustheorie liefert für die Erde am Äquator ein falsches Ergebnis!**

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Was sagen ehrliche Treibhaustheoretiker?



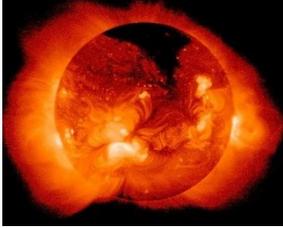
Manabe (Nobelpreis Physik 2021) und Strickler 1964



- Das Modell mit dem Strahlungsgleichgewicht der Atmosphäre zeigt einen unphysikalischen Temperaturverlauf.
- Dadurch ergibt sich eine Oberflächentemperatur der Erde von 60 °C statt 15 °C.
- Deshalb ist eine „konvektive Korrektur“ notwendig.
- Manabe selbst sagte dazu:
“Man muss wissen, wie die konvektive Korrektur einige der unrealistischen Ergebnisse des Strahlungsgleichgewichts korrigiert”.

$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$

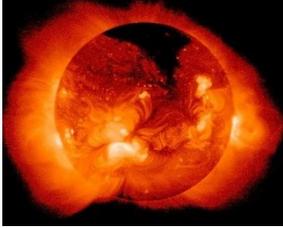
Berechnungen mit dem konvektiv-adiabatischen Modell



- Mit dem konvektiv-adiabatischen Modell und dem Strahlungsgleichgewicht an der Wolkendecke kann man die Temperatur aller Planeten mit dichter Wolkendecke berechnen.
- Die Temperatur der Erde am Äquator wird ebenfalls richtig berechnet.
- Das Modell stimmt mit Klimaveränderungen in geologischen Zeiträumen überein.

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

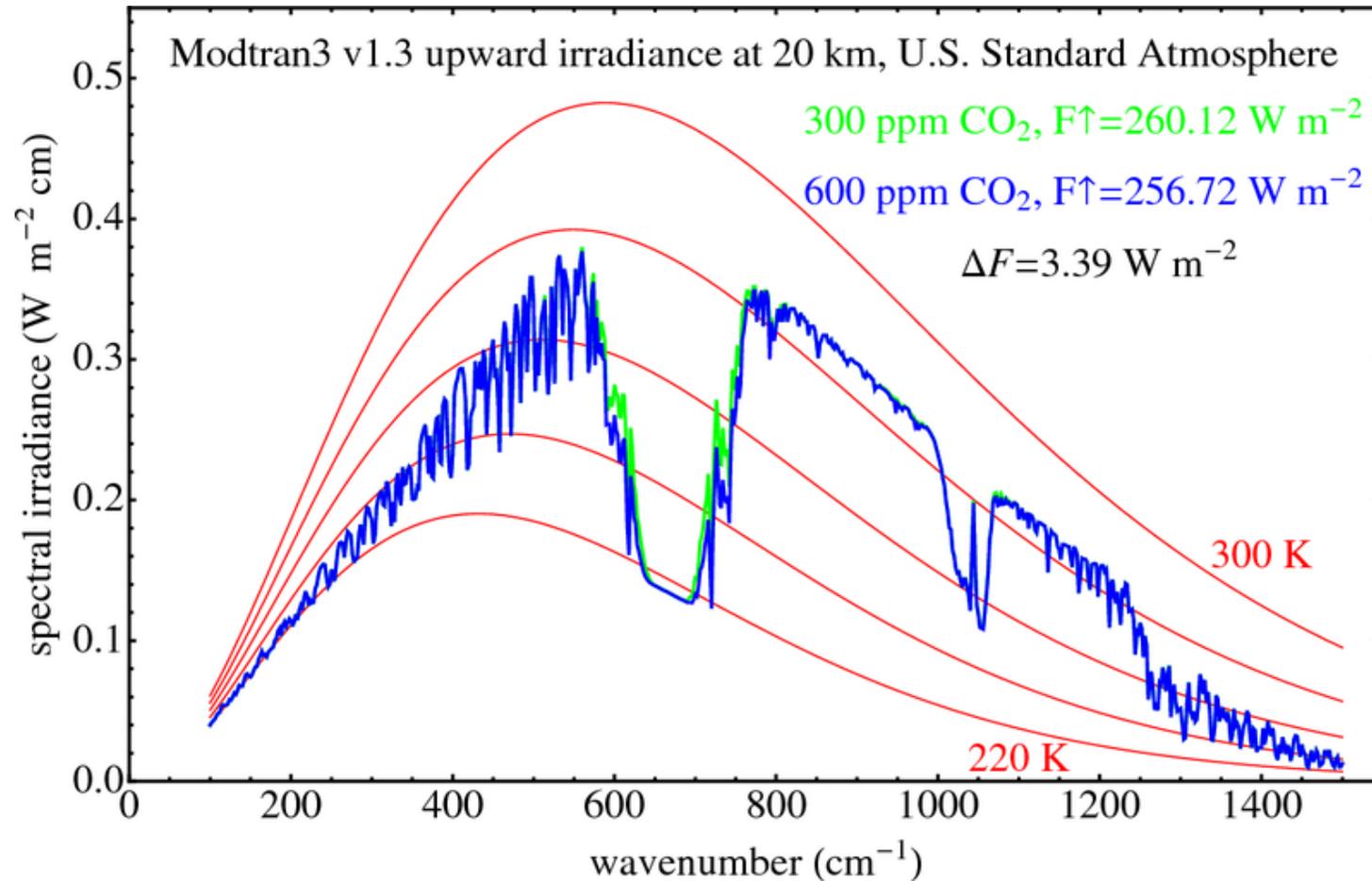
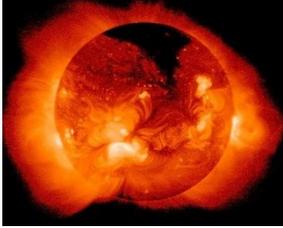
Was berechnen die Treibhaustheoretiker?



- Mit dem Strahlungsgleichgewicht (Treibhausmodell) kann man absolute Temperaturen nicht richtig berechnen.
- Deshalb sagen die Treibhaustheoretiker, dass die Berechnung der absoluten Temperatur nicht wichtig ist.
- *„Nur die Berechnung der Temperaturänderung bei Erhöhung des CO₂-Gehalts ist wichtig.“*
- Wie wird die CO₂-Sensitivität berechnet?

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Abstrahlung der Erde bei 300 ppm und 600 ppm CO₂

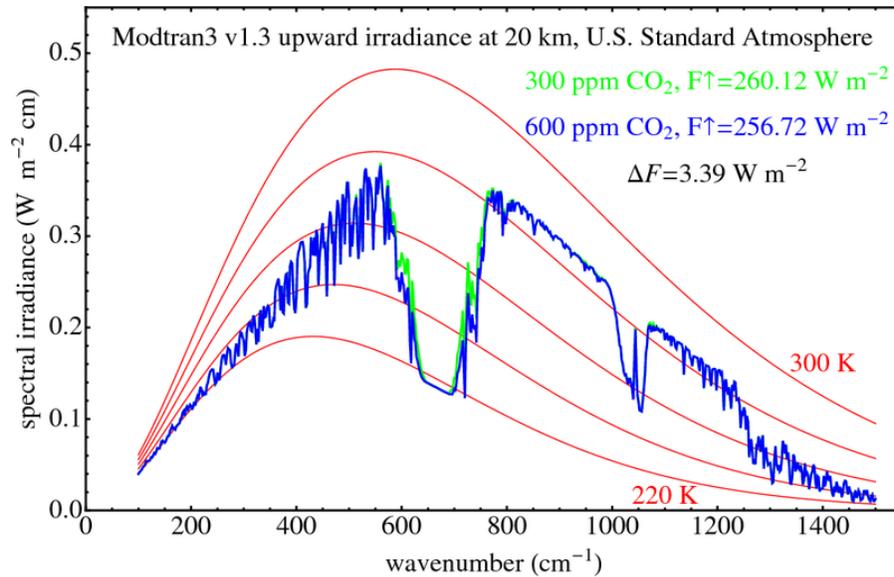
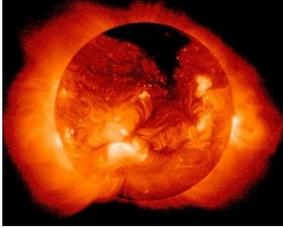


- Die Leistungsflussdichte der Abstrahlung in den Weltraum ist um das „Forcing“ ΔF reduziert
- **3,39 W/m² ist etwa 1% der Gesamtstrahlung**

<https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:ModtranRadiativeForcingDoubleCO2.png>

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Temperaturerhöhung durch CO₂-Verdoppelung



<https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:ModtranRadiativeForcingDoubleCO2.png>

- Damit die Strahlungsbilanz Erde – Weltraum ausgeglichen bleibt, muss sich die Bodentemperatur erhöhen.

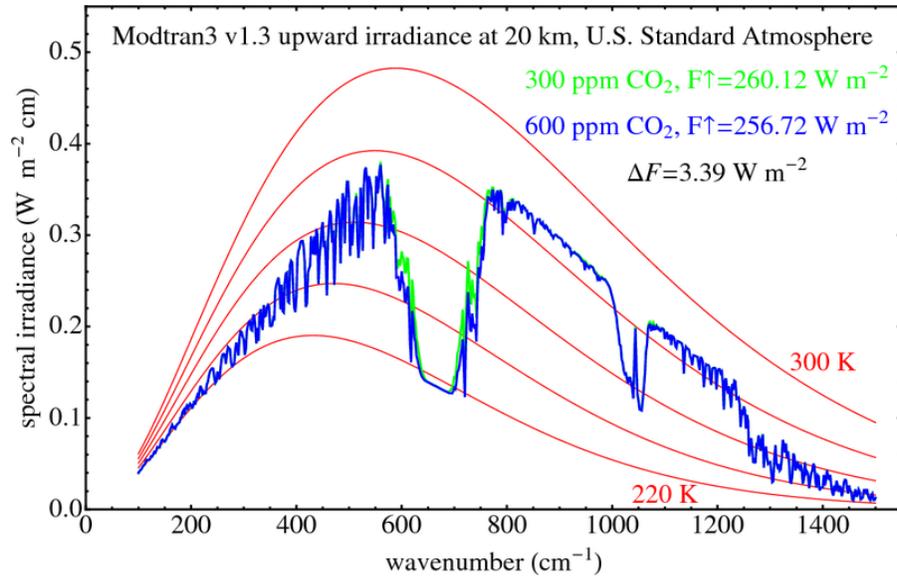
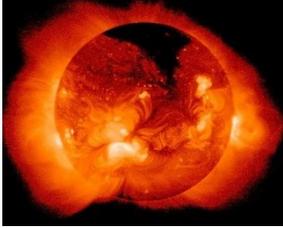
- Einfache Rechnung:

Abstrahlung nach Stefan-Boltzmann: $P = \sigma \cdot A \cdot T^4$

- Die Abstrahlung erhöht sich um 1 %, wenn T sich um 0,25 % erhöht
- Das entspricht **0,7 °C (CO₂-Klimasensitivität ohne Rückkopplungen)**

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Falsche Argumentation: Gegenstrahlung

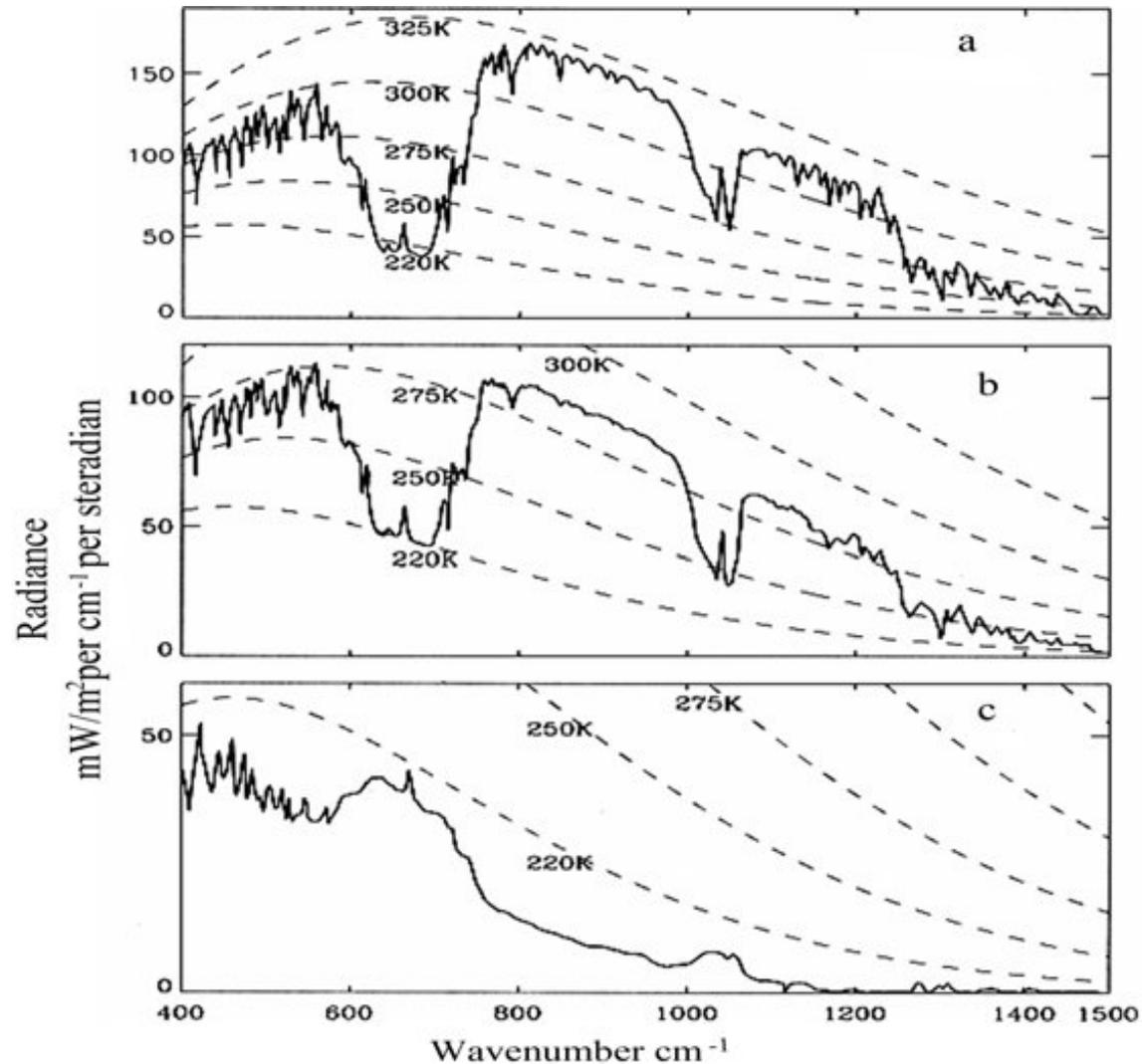
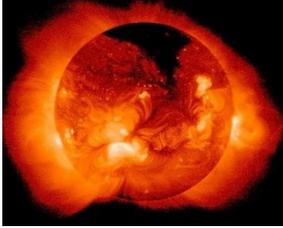


<https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:ModtranRadiativeForcingDoubleCO2.png>

- Die oft verwendete Argumentation, das „Forcing“ ΔF erhöht die Gegenstrahlung von der Atmosphäre und erwärmt den Boden, ist falsch.
- Das würde den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik verletzen: Wärme fließt immer nur vom wärmeren zum kälteren Körper.
- Die Wärme gelangt über die Konvektion zum Boden.

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

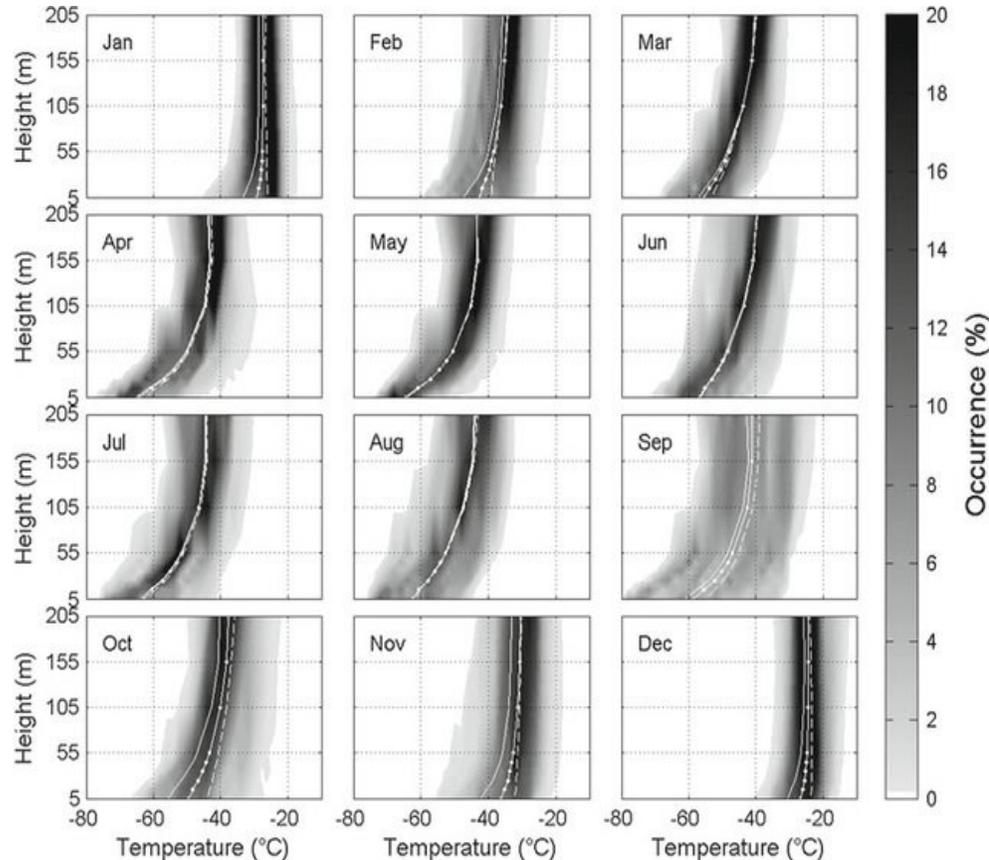
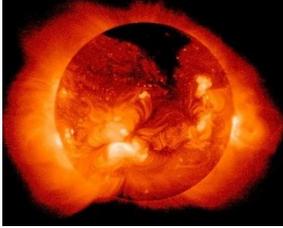
Wie groß ist der „Treibhauseffekt“ durch CO₂?



- Grafik ([Barrett, 2005](#)):
gemessene Emissionsspektren bei wolkenfreiem Himmel Bereich für:
Sahara
Mittelmeer
Antarktis
- „CO₂-Trichter“ in der Sahara:
Absorption der Infrarotstrahlung →
wärmende Wirkung
- „CO₂-Buckel“ in der Antarktis:
das Kohlendioxid der warmen Atmosphäre
strahlt stärker ab als der kalte Boden →
deshalb kühlende Wirkung.

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Wie groß ist der „Treibhauseffekt“ in Inversionsgebieten?



- **Kühlwirkung über Inversionsgebieten**
- Von April bis September ist die Stärke der antarktischen Inversion etwa 20 °C ([Pietroni, 2013](#)).
- Das ist m. E. der Grund für die Temperaturabnahme in der Antarktis in den letzten Jahren.
- Ähnliches gilt für die Arktis. Auch hier bildet sich im Winter eine fast permanente Inversion aus, deren Stärke 10 bis 12 °C beträgt.
- Zusätzliche Inversionsgebiete über kalten Ozeanen und Gebirgstälern.

➤ **Es gibt eine permanente Temperaturinversion auf einer Fläche von etwa 30 M km²**

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Wie groß ist der „Treibhauseffekt“ unter Wolken?

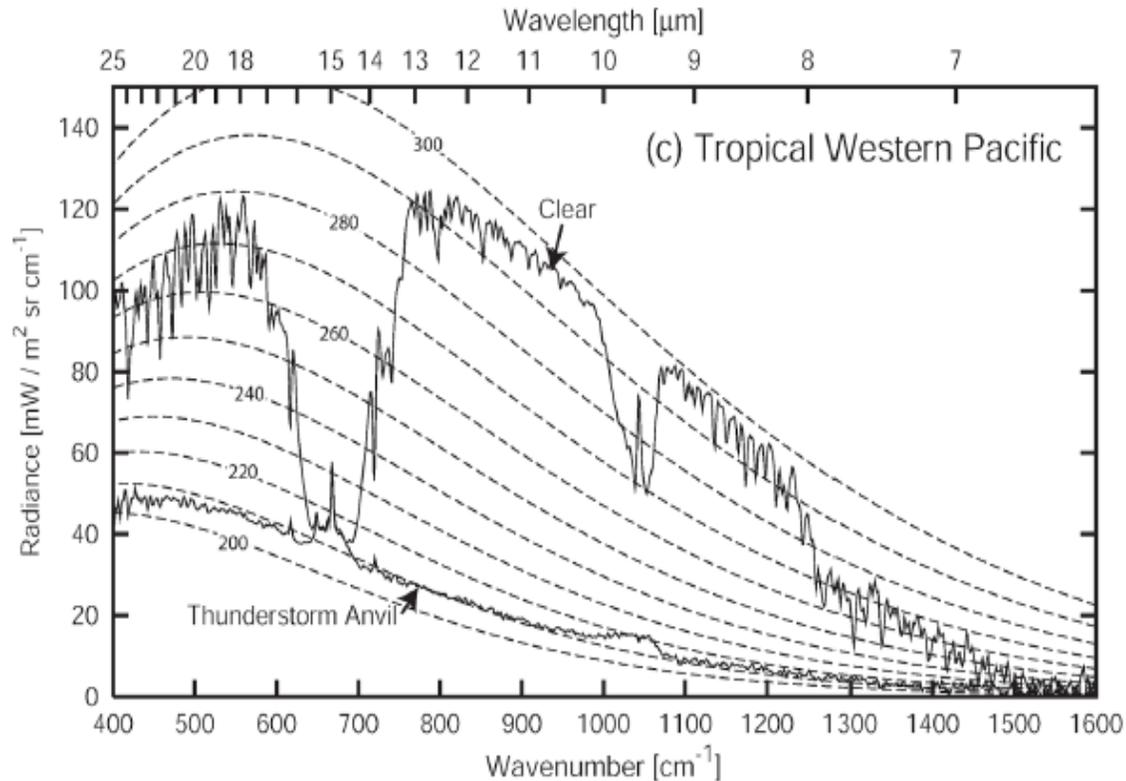
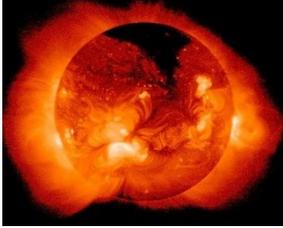


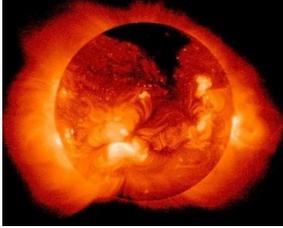
Figure 1. Clear sky and cirrus anvil spectra from a satellite somewhere over the Western Tropical Pacific circa 1970-72. Credit: G. W. Petty (2004).

- Obere Kurve: Emission bei klarem Himmel mit Einbrüchen durch CO₂, durch das Ozon der Stratosphäre und durch H₂O (von chegg.com).
- Zwei Drittel der Erdoberfläche sind permanent wolkenbedeckt.
- **Untere Kurve: über einer Gewitterwolke, keinerlei Einbrüche.** Emission der CO₂- und O₃-Bänder bei etwas höheren Temperaturen.

- Dass unter hohen, dicken Wolken der Anteil von CO₂ keine Rolle spielt, bestätigt Prof. Richard Lindzen ([On Climate Sensitivity](https://www.onclimate.com), 2019).

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

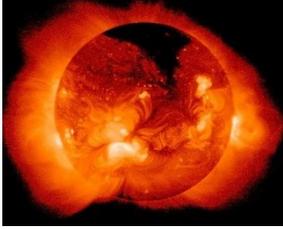
Wie groß ist der „Treibhauseffekt“?



- Zusammengefasst:
- Erwärmung durch CO₂ bei klarem Himmel, falls keine Bodeninversion stattfindet
- **Das trifft nur auf ein Viertel der Erdoberfläche zu**
- Verringerte Erwärmung unter dünnen Wolken
- Abkühlung durch CO₂ in den Inversionsgebieten
- Kaum ein Einfluss durch CO₂, wenn hohe, optisch dicke Wolken vorhanden sind
- In Summe (geschätzt, s. IPCC):
Die CO₂-Sensitivität (bei Verdoppelung des CO₂-Gehalts) ist weniger als 0,5 °C

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

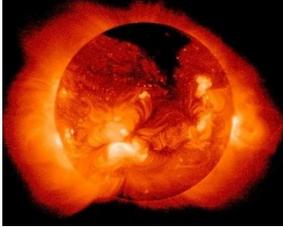
Wie groß sind die Rückkopplungen?



- Die Treibhaustheorie benötigt stark positive Rückkopplungen, um auf alarmierende Klimasensitivitäten zu kommen. NASA GISS beschreibt es so:
- *“Zunehmender Wasserdampf führt zu wärmeren Temperaturen, wodurch mehr Wasserdampf in die Luft aufgenommen wird. **Erwärmung und Wasseraufnahme nehmen in einem ständigen Kreislauf zu.**“*
(https://www.nasa.gov/topics/earth/features/vapor_warming.html).
- **Das ist ein unphysikalischer Teufelskreis**, der auch ohne CO₂ ablaufen würde!
- Hinzu kommt, wenn die Ozeane wärmer werden, entweicht aus ihnen mehr Kohlendioxid, was die Rückkopplung weiter anfeuern würde.

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

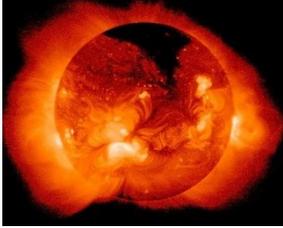
Wie groß sind die Rückkopplungen?



- Alle verlustarmen **Systeme mit insgesamt positiver Rückkopplung sind instabil**, das weiß man aus der Regelungstechnik.
- Lokal und zeitlich begrenzte positive Rückkopplung schließt das nicht aus.
- **In jedem stabilen System überwiegen die negativen Rückkopplungen.**
- Deshalb muss die Gesamtwirkung geringer sein als die von CO₂ alleine.

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Wie groß sind die Rückkopplungen?

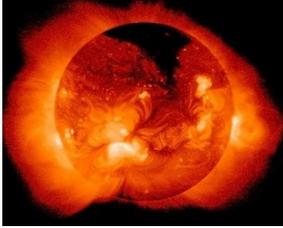


- **Richard Lindzen** hat die Oberflächentemperatur der tropischen Meere mit Satellitenmessungen der abgestrahlten Energie (Earth Radiation Budget Experiment) und den einschlägigen Klimamodellen verglichen und sagt dazu:
- *„Alle Modelle stimmen in Bezug auf positive Rückkopplung überein, und **alle Modelle stimmen mit den Beobachtungen überhaupt nicht überein.**“*
- **Die positive Rückkopplung durch Wasserdampf ist wissenschaftlich unhaltbar**, wenn man ihr nicht eine gleichzeitige - und stärkere – negative Rückkopplung durch zunehmende Bewölkung und einen reduzierten Temperaturgradienten beistellt.
- Deshalb muss die Klimasensitivität des Gesamtsystems Atmosphäre kleiner sein als die von Kohlendioxid alleine.

- **John Clauser** (Physik-Nobelpreis 2022):
- **die Wolken sind der Thermostat der Atmosphäre**

$$T \sim p^{k \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

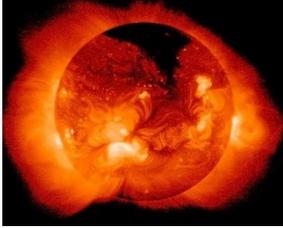
Zusammenfassung (1)



- Reine Strahlungsmodelle sind unphysikalisch, sie liefern falsche Temperaturgradienten.
- Mit der Treibhaustheorie können absolute Temperaturen nicht berechnet werden.
- Nur mit dem Strahlungsgleichgewicht an der Wolkendecke und dem konvektiv-adiabatischen Modell kann man absolute Atmosphärentemperaturen richtig berechnen.
- Mit dem konvektiv-adiabatischen Modell konnte bereits vor 150 Jahren der Temperaturgradient der Erdatmosphäre berechnet werden.
- Mit diesem Modell wollte Carl Sagan 1960 die Temperatur auf der Venus berechnen. Er scheiterte, weil die damaligen Messungen der Venusatmosphäre falsch waren.
- Deshalb postulierte er den „galoppierenden Treibhauseffekt“ auf der Venus, den es tatsächlich aber nicht gibt.
- Eine Berechnung der Temperatur auf der Erde ist im Allgemeinen nicht möglich, aber es klappt für die konstanten Verhältnisse am Äquator.

$$T \sim p^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Zusammenfassung (2)



- CO₂ spielt für die Energiebilanz der Atmosphäre keine Rolle unter hohen, dicken Wolken.
- In Inversionsgebieten bewirkt eine Zunahme von Kohlendioxid eine verstärkte Kühlung.
- Insgesamt positive Rückkopplungen machen jedes System instabil.
- Deshalb müssen die Rückkopplungen in der Atmosphäre in Summe negativ sein.
- Die zig verschiedenen Klimamodelle des IPCC liefern alle unterschiedliche Werte für die Klimasensitivität von CO₂ (bei Verdoppelung), von 1 °C bis 6 °C
- „The science is settled“ ist deshalb eine Lüge
- Eine realistische Schätzung für die Klimasensitivität von CO₂ ist: ca. 0,5 °C.

Wer mehr wissen möchte:

Deutsch:

<https://klima-wahrheiten.de/> Kurzfassung und div. Zweiseiter von Bernd Fleischmann

<https://klimanachrichten.de/> Klima- und Energiedaten von Prof. Vahrenholt und Prof. Lüning

<https://www.youtube.com/channel/UCiymOmMRMZV9GZSsfTX4qw> Klimaschau und Konferenz-Videos

Englisch:

<https://electroverse.co/> Extremwetter und Klimadaten

<https://wattsupwiththat.com/> Wetter- und Klimainfos, verschiedene Theorien

<https://www.allaboutenergy.net/> Energie- und Klimainformationen

<https://www.drroyspencer.com/> monatliche Auswertung der Satelliten-Temperaturdaten und Hintergründe

Wer mehr wissen möchte:

