



MITTLERE OBERFLÄCHENTEMPERATUR (LÖSUNG)

- a) Berechne die von der Erde aufgenommene Strahlungsleistung $P_{auf} = S_0 \cdot A_Q$ auf die Querschnittsfläche $A_Q = \pi \cdot r_E^2 = 128 \text{ Millionen km}^2$ und $S_0 = 1367 \text{ W/m}^2$.
Vergleiche dies mit der Leistung eines mittleren Atomkraftwerkes ($P = 1,2 \text{ GW}$).



Bild: S. Hanssen

$$P_{auf} = S_0 \cdot A = 1367 \text{ W/m}^2 \cdot 1,28 \cdot 10^{14} \text{ m}^2 = 1,75 \cdot 10^{17} \text{ W} = 175 \text{ Mio. GW.}$$

Für diese Leistung bräuchte man 146 Mio. Atomkraftwerke!

- b) Berechne die Oberflächentemperatur T in $^{\circ}\text{C}$ der Erde, wenn sie keine Atmosphäre hätte.

$$T = \sqrt[4]{\frac{S_0}{4 \cdot \sigma}} = \sqrt[4]{\frac{1367 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}}} = 278,6 \text{ K} = 5,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- c) Ermittle die Oberflächentemperatur der Erde mithilfe einer Tabellenkalkulation, bei der sich die Parameter der Reflexion an der Erdatmosphäre („Sphärische Albedo“, hier: 30%), die Abstrahlung in der Atmosphäre (hier: 10%) und an den Treibhausgasen (hier rechts im Bild: Direktabstrahlung 12%, Abstrahlung durch Treibhausgase 44% und Treibhausanteil 44%) verändern lassen. Vergleiche die mittlere Oberflächentemperatur mit der von Merkur, Venus und dem größten Asteroiden des Asteroidengürtels Ceres.

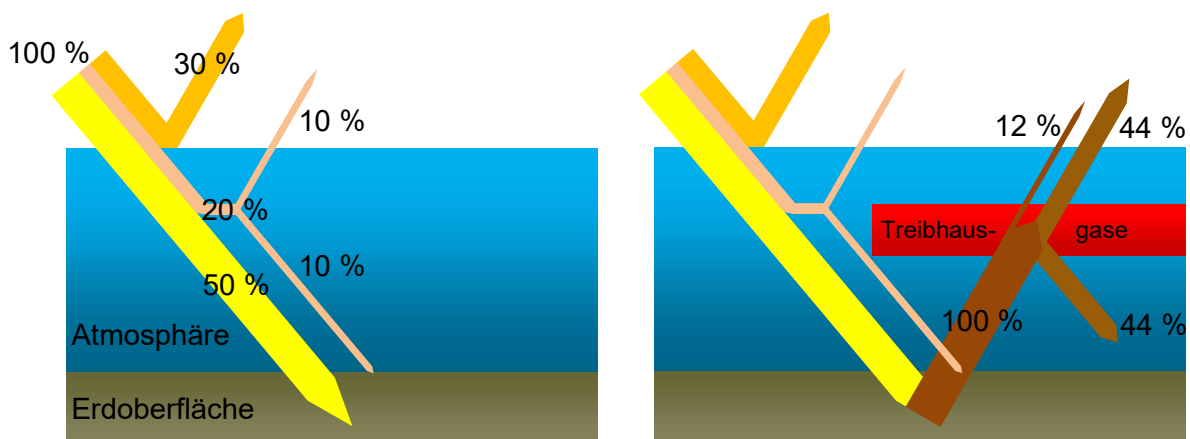


Bild: S. Hanssen

Daten zur Simulation der Oberflächentemperaturen von Merkur, Venus und Ceres:

Merkur:	$R = 2440 \text{ km}$	$r = 5,79 \cdot 10^7 \text{ km}$	Sphärische Albedo: 0 % (6%)
	Abstrahlung in der Atmosphäre: 0 %		Treibhausanteil: 0 %
Venus:	$R = 6052 \text{ km}$	$r = 1,083 \cdot 10^8 \text{ km}$	Sphärische Albedo: 77 %
	Abstrahlung in der Atmosphäre: 8 %		Treibhausanteil: 99,4 %
Ceres:	$R = 464 \text{ km}$	$r = 4,1505 \cdot 10^8 \text{ km}$	Sphärische Albedo: 0 %
	Abstrahlung in der Atmosphäre: 0 %		Treibhausanteil: 0%



Zur Information und Hilfe für die Bearbeitung des Arbeitsblattes und der Kalkulation:

Die Berechnung in 01_euw_oberflaechentemperaturen_planeten.xlsx der Oberflächentemperaturen erfolgt über

$$T = \sqrt[4]{\frac{S}{\sigma}}$$

mit der Strahlungsdichte $S = S_2$, die letztlich von der gesamten Planetenoberfläche zurückgestrahlt wird.

Grundsätzlich ist $S = \frac{1}{4} S_0$, da die von der Sonne senkrecht auf die angestrahlte Planetenfläche aufgenommene Strahlungsdichte von der gesamten Planetenkugel abgestrahlt wird. Von S_0 muss noch der Anteil bestimmt werden, der nicht von der sphärischen Albedo und der Abstrahlung in der Atmosphäre direkt ins All zurückgeworfen wird. Bei der Venus sind das 77 % + 8 % = 85 % und führt dann zu $S_1 = 0,85 \cdot \frac{1}{4} \cdot S_0$, (vgl. S. 15 Unterrichtsgang). Nun kommt zu diesem Wert aber noch der Treibhausanteil (bei der Venus 99,4 %) dazu, wie auf S. 16 im Unterrichtsgang beschrieben ist. Der dort als S_2 bezeichnete Wert berechnet sich in diesem Fall zu:

$$S_2 = 0,85 \cdot \frac{1}{4} \cdot S_0 + 0,994 S_2$$

Also:

$$S_2 (1 - 0,994) = 0,85 \cdot \frac{1}{4} \cdot S_0$$

Und damit ist

$$S_2 = \frac{0,85 \cdot 0,25 \cdot S_0}{1 - 0,994}$$

Deshalb findet sich in der Tabellenkalkulation unter „Strahlungsdichte S , die T erzeugt“ (das ist S_2 !) diese Berechnung. Dann wird das noch durch σ geteilt und die vierte Wurzel gezogen und man hat T in Kelvin.