Mittlere Oberflächentemperatur

(Lösung)

a) Berechne die von der Erde aufgenommene Strahlungsleistung *Pauf = S0 · AQ* auf die Querschnittsfläche *AQ = π · rE² = 128 Millionen km²* und *S0 = 1367 W/m²*.

 Vergleiche dies mit der Leistung eines mittleren Atomkraftwerkes (*P = 1,2 GW*).

Erde

*Bild: S. Hanssen*

*Pauf = S0 · A = 1367 W/m² · 1,28 · 1014 m² = 1,75 · 1017 W = 175 Mio. GW.*

*Für diese Leistung bräuchte man 146 Mio. Atomkraftwerke!*

b) Berechne die Oberflächentemperatur T in °C der Erde, wenn sie keine Atmosphäre hätte.

*T =* $\sqrt[4]{\frac{S\_{0}}{4·σ}}=\sqrt[4]{\frac{1367 \frac{W}{m²}}{4 · 5,67 · 10^{-8}\frac{W}{m²·K^{4}}}}$ *= 278,6 K = 5,6 °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.

100 %

30 %

10 %

Atmosphäre

Erdoberfläche

20 %

100 %

44 %

12 %

Treibhaus- gase

44 %

10 %

50 %

*Bild: S. Hanssen*

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

Merkur: R = 2440 km r = 5,79 ∙ 107 km Sphärische Albedo: 0 % (6%)

 Abstrahlung in der Atmosphäre: 0 % Treibhausanteil: 0 %

Venus: R = 6052 km r = 1,083 ∙ 108 km Sphärische Albedo: 77 %

 Abstrahlung in der Atmosphäre: 8 % Treibhausanteil: 99,4 %

Ceres: R = 464 km r = 4,1505 ∙ 108 km Sphärische Albedo: 0 %

 Abstrahlung in der Atmosphäre: 0 % Treibhausanteil: 0%

1/2

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

*Die Berechnung in 01\_euw\_oberflaechentemperaturen\_planeten.xlsx der Oberflächentemperaturen erfolgt über*

*S*

*σ*

4

 *T =*

*mit der Strahlungsdichte S = S2, die letztlich von der gesamten Planetenoberfläche zurückgestrahlt wird.*

 *1*

*4*

*Grundsätzlich ist S = S0, da die von der Sonne senkrecht auf die angestrahlte Planeten-fläche aufgenommene Strahlungsdichte von der gesamten Planetenkugel abgestrahlt wird. Von S0 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 S1 = 0,85· · S0, (vgl. S. 15 Unterrichtsgang).*

 *1*

*4*

*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 S2 bezeichnete Wert berechnet sich in diesem Fall zu:*

 *1*

*4*

*S2 = 0,85· · S0 + 0,994 S2*

 *1*

*4*

*Also: S2 (1- 0,994) = 0,85· · S0*

*Und damit ist*

 *0,85 · 0,25 · S0*

*1 - 0,994*

*S2 =*

*Deshalb findet sich in der Tabellenkalkulation unter „Strahlungsdichte S, die T erzeugt“ (das ist S2!) diese Berechnung. Dann wird das noch durch σ geteilt und die vierte Wurzel gezogen und man hat T in Kelvin.*

2/2