

Physikaufgabe 96

[Home](#) | [Startseite](#) | [Impressum](#) | [Kontakt](#) | [Gästebuch](#)

Aufgabe: Wie vielen Hiroshima- bzw. Wasserstoffbombenexplosionen entspricht eine Erd-erwärmung um 1,1 °C?

Lösung: Bei der Beantwortung dieser Frage muß beachtet werden, daß sich ja nicht nur die Erdatmosphäre aufheizt, sondern auch das Land und die Ozeane. Wegen des Zusammenhangs zwischen Luft- und Wassermassen beim Wettergeschehen beschränken wir diese Betrachtung auf die Atmosphäre und die Ozeane und ignorieren den Einfluß der Landmassen.¹

Generell gilt für den Zusammenhang zwischen Temperaturerhöhung ΔT und Energieerhöhung δQ die direkte Proportionalität

$$\delta Q = mc\Delta T,$$

wobei m die Masse des erwärmten Mediums ist und c dessen spezifische Wärmekapazität. Obwohl sich die bodennahen Schichten nur bis zu einer Höhe von etwa 90 km erstrecken, verwenden wir in unserer Rechnung die gesamte Masse m_a der Erdatmosphäre:

$$m_a = 5,15 \cdot 10^{18} \text{ kg.}$$

Für die spezifische Wärmekapazität von Luft gilt

$$c_a = 1,05 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}.$$

Auch hier lassen wir den Gradienten unberücksichtigt und rechnen mit Mittelwerten bei Raumtemperatur (25 °C) und Atmosphärendruck.

Die Wärmeenergie, die bei der gegebenen Temperaturerhöhung in die Atmosphäre gelangt, berechnet sich zu

$$\delta Q = m_a c_a \Delta T = 5,15 \cdot 10^{18} \text{ kg} \cdot 1,05 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 1,1 \text{ K} = 5,95 \cdot 10^{21} \text{ J.}$$

Dagegen beträgt die freiwerdende Explosionsenergie der Hiroshima-Bombe „Little Boy“ nur

$$E_{LB} = 56 \text{ TJ} = 5,6 \cdot 10^{13} \text{ J.}$$

Eine Erwärmung der Atmosphäre um 1,1 Grad entspricht damit einer freiwerdenden Explosionsenergie von 106 Millionen Hiroshima-Bomben,

$$\frac{\delta Q}{E_{LB}} = \frac{5,95 \cdot 10^{21} \text{ J}}{5,6 \cdot 10^{13} \text{ J}} = \frac{5,95 \cdot 10^8}{5,6} \approx 106 \cdot 10^6,$$

oder ungefähr 71 Millionen Nagasaki-Bomben,

¹ Die Erde ist ohnehin zu zwei Dritteln mit Wasser bedeckt.

Physikaufgabe 96

$$\frac{\delta Q}{E_{FM}} = \frac{5,95 \cdot 10^{21} \text{ J}}{8,4 \cdot 10^{13} \text{ J}} \approx 70,8 \cdot 10^6,$$

wobei

$$E_{FM} = 84 \text{ TJ} = 8,4 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

die freiwerdende Explosionsenergie der Nagasaki-Bombe „Fat Man“ ist. Verwendet man in dieser Rechnung die Explosionsenergie der stärksten Wasserstoffbombe

$$E_{H_2} = 210 \text{ PJ} = 2,10 \cdot 10^{17} \text{ J},$$

so entspricht eine Aufheizung der Erdatmosphäre um 1,1 °C (2016) einer Energie von 28300 dieser stärksten Wasserstoffbomben:

$$\frac{\delta Q}{E_{H_2}} = \frac{5,95 \cdot 10^{21} \text{ J}}{2,1 \cdot 10^{17} \text{ J}} \approx 28300.$$

So darf man das Ganze allerdings nicht betrachten, denn wegen des Temperatenausgleichs heizen sich die Ozeane um denselben Temperaturanstieg auf. Dagegen ist die Aufheizung der Erdatmosphäre, wie wir gleich sehen werden, vernachlässigbar.

Die Wassermasse der Ozeane beträgt

$$m_w = 1,5 \cdot 10^{21} \text{ kg},$$

und für die spezifische Wärmekapazität von Meerwasser gilt

$$c_w = 3,9 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}.$$

Betrachten wir nun den Anstieg der Wärmeenergie in Atmosphäre und Ozeanen zusammen, so ergibt die Rechnung

$$\begin{aligned} \delta Q &= (m_a c_a + m_w c_w) \Delta T = m_a c_a \Delta T + m_w c_w \Delta T \\ &= 5,95 \cdot 10^{21} \text{ J} + 6,435 \cdot 10^{24} \text{ J} = 6,44 \cdot 10^{24} \text{ J}. \end{aligned}$$

Eine Erwärmung der Weltmeere um 1,1 Grad entspricht somit einer freiwerdenden Explosionsenergie von 115 Milliarden Hiroshima-Bomben,

$$\frac{\delta Q}{E_{LB}} = \frac{6,44 \cdot 10^{24} \text{ J}}{5,6 \cdot 10^{13} \text{ J}} \approx 115 \cdot 10^9,$$

oder 77 Milliarden Nagasaki Bomben,

$$\frac{\delta Q}{E_{FM}} = \frac{6,44 \cdot 10^{24} \text{ J}}{8,4 \cdot 10^{13} \text{ J}} \approx 77 \cdot 10^9,$$

Physikaufgabe 96

oder 31 Millionen Wasserstoffbomben:

$$\frac{\delta Q}{E_{H_2}} = \frac{6,44 \cdot 10^{24} \text{ J}}{2,1 \cdot 10^{17} \text{ J}} = \frac{6,44 \cdot 10^7}{2,1} \approx 31 \cdot 10^6.$$

Diese Energie steckt seit Beginn der Temperaturlaufzeichnungen zusätzlich in den Ozeanen. Das erklärt, warum sich Extremwettersituationen häufen.

Die von der Sonne auf die Erdoberfläche abgestrahlte Energie pro Jahr (Sonnenenergie) beträgt

$$E_S = 3,9 \text{ YJ} = 3,9 \cdot 10^{24} \text{ J}.$$

Seit Beginn der Industrialisierung hat der Mensch die Weltmeere demnach um mehr als das Eineinhalbfache dessen aufgeheizt, was die Sonne pro Jahr auf die Erde einstrahlt:

$$\frac{\delta Q}{E_S} = \frac{6,44 \cdot 10^{24} \text{ J}}{3,9 \cdot 10^{24} \text{ J}} \approx 1,65.$$