

Ausgabe: 19.04.2013

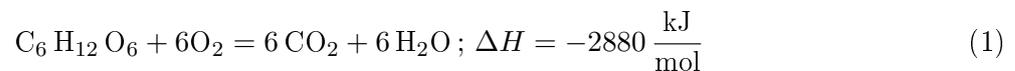
Abgabe: bis 29.04.2013, 10:15 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

Aufgabe 1: Energieumsatz des Menschen

3 Punkte

Als ein Maß für den Energieumsatz des Menschen kann die Bilanz aus aufgenommenem Sauerstoff, aufgenommener Nahrung und ausgestoßenem Kohlenstoffdioxid nützlich sein. Im Falle von aerober Energieumsetzung kann davon ausgegangen werden, dass der über die Nahrung aufgenommenen Kohlenstoff mit dem Sauerstoff aus der Atmung in den Mitochondrien zu CO_2 umgesetzt wird. Die dabei frei werdende Energie wird in ATP zwischengespeichert oder verbraucht. Bestimmen Sie anhand der Reaktionsgleichung



und der Tatsache, dass der Mensch stündlich ca. 16,7l Sauerstoff verbraucht, die Menge an ATP, die pro Tag gebildet wird. Nehmen Sie an: Die molare Masse von einem ATP Molekül ist 500 g/mol und durch die Reduktion von ATP zu ADP werden 90 kJ Energie frei. Wie viele Stunden würde die Energie ausreichen um einen modernen Flachbildfernseher mit 150 cm Bildschirmdiagonale (100 W) zu betreiben?

Aufgabe 2: Schlafsack

3 Punkte

Die Körpertemperatur des Menschen ist meistens höher als die Umgebungstemperatur, weshalb kontinuierlich Energie in Form von Wärme abgegeben wird. Ab einer bestimmten persönlichen Komforttemperatur kann der Mensch diese Verlustleistung nicht mehr abfangen, weshalb man sich mit Kleidung schützt. Die nachfolgenden Betrachtungen können für ein eindimensionales Problem im Gleichgewicht angestellt werden.

- a) Bestimmen Sie die Größe des Wärmestroms Φ eines unbedeckten Menschen und skizzieren Sie die Temperaturverteilung $T(x)$ bei der x die Koordinate senkrecht zur Oberfläche ist.

$$\Phi = -kA \frac{dT(x)}{dx} \quad (2)$$

Hierbei ist k der Wärmeleitfähigkeitskoeffizient, A die Fläche, über die der Wärmestrom verloren geht und $T(x)$ die Temperaturverteilung. Nehmen Sie dazu an, dass die Körperoberfläche ca. $1,6 \text{ m}^2$ groß ist und die Körperinnentemperatur $T_i = 37,4^\circ\text{C}$ beträgt. Berechnen Sie den Wärmestrom für die Außentemperatur $T_a = 0^\circ\text{C}$ sowie für $T_a = 20^\circ\text{C}$. Die "Wärmegrenzschicht" zwischen dem Körperinneren und der Haut, in der die Körperinnentemperatur auf die Außentemperatur abfällt, sei 4,5 cm dick und habe einen Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten von $k_{\text{Gewebe}} = 0,2 \frac{\text{W}}{\text{K} \cdot \text{m}}$.

- b) Nehmen Sie nun an, dass Sie noch einen eng anliegenden 5 cm dicken Daunenschlafsack (Oberfläche 2 m^2) zur Isolierung benutzen. Bestimmen Sie die Hauttemperatur und den Wärmeverlust für beide Außentemperaturen. Daunen haben einen Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten von $k_{\text{Daune}} = 0,025 \frac{\text{W}}{\text{K} \cdot \text{m}}$. (Skizzieren Sie auch hier die Temperaturverteilung)

Aufgabe 3: Grand Canyon

3 Punkte

Jährlich steigen tausende Besucher des Grand Canyon Nationalparks in den Grand Canyon ab. Dem Abstieg folgt jedoch auch immer der Aufstieg, bei dem oft die Gefahren der Dehydrierung aufgrund der Wärme und Anstrengung unterschätzt werden. Nehmen Sie an, der in Aufgabe 2 spezifizierte 80 kg schwere Mensch benötigt 7 Stunden für den Aufstieg, wofür mit Gepäck (15 kg) ein Energieumsatz von ca. $600 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$ benötigt wird.

- a) Bestimmen Sie die Körpertemperatur, die dieser Mensch am oberen Rand des Grand Canyon haben würde, wenn es keinen Wärmeaustausch mit der Umgebung gäbe und die Muskeln einen Wirkungsgrad von 30 % hätten (spezifische Wärmekapazität des Menschen $c_m = 3,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$).
- b) Angenommen, der einzige Temperaturregelungsmechanismus wäre die Verdunstung von Wasser (Schwitzen). Wie viel Wasser müsste der Mensch zusätzlich zum Gepäck mit nehmen, damit die Körpertemperatur konstant gehalten wird? Welcher Kühlleistung entspricht dies? (Verdampfungsenthalpie von Wasser bei 37°C : $43,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$) Begründen Sie, warum die Annahme in diesem Fall gut zutrifft und bewerten Sie das Ergebnis in Hinblick auf die Schweißproduktion der Haut, welche $0,5 \frac{\text{l}}{\text{m}^2\text{h}}$ Schweiß produzieren kann. Bestimmen Sie weiterhin die gewonnene potentielle Energie. Der Colorado River liegt auf 760 m Höhe über Null und der South Rim auf 2090 m