

Energie, Arbeit und Leistung beim Menschen

Einleitung

Energie und Leistung sind Begriffe, die uns nahezu täglich begegnen. Doch was bedeuten diese Begriffe? Und gibt es diese Dinge auch beim Menschen? Fangen wir erst einmal mit der Begriffserklärung an. Energie ist laut Definition gespeicherte Arbeit. Leistung ist Energie pro Zeit bzw. auch Arbeit pro Zeit.

In Kapitel 1 werden die verschiedenen Einheiten für Energie bzw. Arbeit in einer Umrechnungstabelle dargestellt.

Kapitel 2 widmet sich dem Grundumsatz des Menschen (Energie bzw. Arbeit) und den Leistungswerten des Menschen.

Kapitel 3 zeigt mit der Verbrennungsgleichung wie der Mensch seine Energie gewinnt.

1. Das Einheitenproblem

Denken wir an den Energiebedarf beim Menschen, so denken wir in erster Linie an Einheiten wie Kilokalorien (kcal) und Kilojoule (kJ). Ansonsten werden Energie und Arbeit aber eher in der Einheit Kilowattstunde (kWh) angegeben. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Einheiten und deren Umrechnung.

		Nm	J	kJ	kcal	Wh	kWh
1	Nm	1	1	0,0010	0,00024	0,00028	0,00000028
1	J	1	1	0,0010	0,00024	0,00028	0,00000028
1	kJ	1.000	1.000	1	0,23883	0,27778	0,00028
1	kcal	4.187	4.187	4,2	1	1,16306	0,00116
1	Wh	3.600	3.600	3,6	0,85980	1	0,00100
1	kWh	3.600.000	3.600.000	3.600	860	1.000	1

2. Grundumsatz und Leistungswerte

Als Grundumsatz wird die benötigte Energie zur Lebenserhaltung bezeichnet. Dies beinhaltet im wesentlichen die Herz- Kreislauffunktion, die Atmung sowie die Aufrechterhaltung der Körpertemperatur. **Hinweis:** Die Werte zwischen Mann und Frau sind im allgemeinen leicht unterschiedlich (bedingt durch unterschiedliches Bindegewebe und im Durchschnitt unterschiedlicher Anteil der Muskelmasse am Gesamtgewicht). Auch ist das Körpergewicht des Menschen entscheidend für den Energiehaushalt. Im folgenden beziehen sich die Werte auf einen Mann mit 70 kg Körpergewicht. Die angegebenen Werte sollte man sowieso nicht allzu "akademisch" sehen. Die Streuungen sind durchaus erheblich. 70 kg Körpergewicht können durch massive Muskelmasse, aber auch durch hohen Fettanteil zusammenkommen.

Der Grundumsatz beträgt etwa 7.100 kJ/Tag (= 1.696 kcal).

Energie, Arbeit und Leistung beim Menschen

Dies entspricht $7.100 \text{ kJ} \times 0,00028 \text{ kWh/kJ} = 1,99 \text{ kWh}$.

$2,0 \text{ kWh} / 24 \text{ h}$ entspricht einer Durchschnittsleistung von $83,3 \text{ Watt}$ (bezogen auf den Grundumsatz).

Der Gesamtumsatz beträgt etwa $12.300 \text{ kJ} = 2.938 \text{ kcal} = 3,42 \text{ kWh}$.
Daraus ergibt sich: 2 kWh Grundumsatz und $1,4 \text{ kWh}$ Aktivität.

Dies ergibt einen Wirkungsgrad von $1,4 \text{ kWh} / 3,42 \text{ kWh} \times 100 \% = 41 \%$.

Die Durchschnittsleistung bezogen auf den Gesamtumsatz beträgt
 $3,42 \text{ kWh} / 24 \text{ h} = 143 \text{ Watt}$.

Aussagekräftiger ist jedoch die Leistungsangabe bezogen auf die Wachphase.
Während des Schlafes (8 h) verbrauchen wir etwa $0,48 \text{ kWh}$.

D. h. in der Wachphase verbrauchen wir also $3,42 \text{ kWh} - 0,48 \text{ kWh} = 2,94 \text{ kWh}$.
Für den Zeitraum von 16 h bedeutet dies eine durchschnittliche Leistung von 184 W .

Und somit wären wir bei den Anhaltswerten für die Leistung.

Schlafen.....	60 W (8 h x 60 W = 0,48 kWh)
Liegen.....	95 W
Stehen	140 W
Gehen (Mittelwert)	300 W
100 m Lauf (36 km/h)	2.070 W
Marathonlauf (19,5 km/h)	1.180 W

Zum Vergleich:

Ein Flachbildfernseher mit 80 cm Bilddiagonalen hat eine Leistungsaufnahme von ca. 125 W .

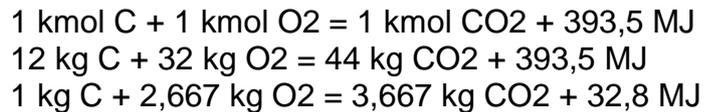
Ein Auto mit einem Gewicht von 1.000 kg benötigt auf ebener Strecke für eine Geschwindigkeit von 30 km/h etwa $1,6 \text{ kW}$. Für eine Geschwindigkeit von 130 km/h etwa 25 kW .

Der durchschnittliche bundesdeutsche Haushalt verbraucht etwa 10 kWh Strom pro Tag. Durchschnittlich also eine Leistung von $10.000 \text{ Wh} / 24 \text{ h} = 417 \text{ W}$.

Energie, Arbeit und Leistung beim Menschen

3. Verbrennungsgleichung

Der Mensch bezieht seine Energie im wesentlichen aus der Verbrennung von Kohlenstoff. Diesen Kohlenstoff nehmen wir mit unserer Nahrung auf. Über die Lunge wird der Sauerstoff aus der Atemluft dem Körper zugeführt. Im Körper können Kohlenstoff und Sauerstoff – unter Energieabgabe – zu Kohlendioxid reagieren. Die dazugehörige Gleichung lautet:



$$\begin{aligned}32,8 \text{ MJ} &= 32.800 \text{ kJ} \\1 \text{ g C} &\text{ ergibt } 32,8 \text{ kJ} = 0,0098 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Die Energie für 12.300 kJ benötigt 375 g Kohlenstoff (15,63 g/h)
Die Energie für 7.100 kJ (Grundumsatz) benötigt 216 g Kohlenstoff (9 g/h)

Literaturempfehlung

Wer sich näher für die "Daten des Menschen" interessiert, dem sei das Buch

Der Mensch in Zahlen von Konrad Kunsch und Steffen Kunsch empfohlen.

Es handelt sich hierbei um eine Datensammlung in Tabellen mit über 20.000 Einzelwerten. Hier findet man nahezu alle möglichen Daten. Die in dieser Schrift verwendeten Daten der Leistungswerte stammen teilweise auch aus diesem empfehlenswerten Nachschlagewerk.