

# Kalorien, Energie, Klima vom Einzelnen bis zur ganzen Welt

F. J. Radermacher<sup>1</sup>



---

<sup>1</sup> Prof. Dr. Dr. F. J. Radermacher, Vorstand des Forschungsinstituts für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung/n (FAW/n), zugleich Professor für Informatik, Universität Ulm, Präsident des Senats der Wirtschaft e. V., Bonn/Berlin, Vizepräsident des Ökosozialen Forum Europa, Wien sowie Mitglied des Club of Rome

Korrespondenzadresse: Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW/n), Lise-Meitner-Str. 9, D-89081 Ulm, Tel. 0731-50 39 100, Fax 0731-50 39 111, E-Mail: [radermacher@faw-neu-ulm.de](mailto:radermacher@faw-neu-ulm.de), <http://www.faw-neu-ulm.de>

Die Welt hat in 2010 ca. 140.000 Terawattstunden (TWh) Gesamtenergie verbraucht

Watt		Einheiten
Kilowatt	=	1000 Watt
Megawatt	=	1000 Kilowatt
Gigawatt	=	1000 Megawatt
Terawatt	=	1000 Gigawatt
Petawatt	=	1000 Terawatt

140.000 TWh entsprechen 12 Milliarden Tonnen Öläquivalent

Dieser Gesamtenergieverbrauch korrespondiert aktuell zu etwa 34 Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub> aus fossilen Quellen. Die Umrechnung von Tonnen Öl auf Tonnen CO<sub>2</sub> erfolgt mit dem Faktor 3.2. Bei den oben genannten 12 Milliarden Tonnen Äquivalenten aus anderen Quellen sind die Faktoren in der Regel geringer.

Der Anteil der elektrischen Energie an diesem Volumen lag weltweit und auch in Deutschland bei etwa 17 %. Beim privaten Verbrauch in Deutschland beträgt der Stromanteil 26,6 %.

1 kg Benzin beinhaltet etwa 10 Kilowattstunden (10 kWh) Energie. Für 1 kg Öläquivalent ist der entsprechende Wert 11,6 Kilowattstunden.

1 Tonne Benzin beinhaltet daher etwa 1.14Kwa (Kilowattjahre) Energie (1 Jahr = 8760 Stunden)

1 kg Wasserstoff beinhaltet etwa 33 Kilowattsunden (33kWh) Energie.

Deutschland verbrauchte in 2010 etwa 3900TWh Energie = 3900 Milliarden Kilowatt h Energie = 445 Millionen Kilowattjahre, umgelegt auf 80 Millionen Menschen ergibt ungefähr 5562 Wattjahre. Dies entspricht noch obiger Rechnung CO<sub>2</sub> Emissionen von 947 Millionen Tonnen, pro Kopf etwa 12 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Dabei ist der industrielle Teil eingeschlossen, auch Export, aber nicht Import.

D. h., wir verbrauchen in Deutschland, umgelegt auf die Anzahl der Menschen, permanent etwa 5,6 Kilowatt Energie  $\triangleq$  5 Toaster à 1100 Watt im Dauerbetrieb. (Hinweis: Der private Anteil daran liegt in Deutschland bei etwa 26,5%). Zum Vergleich: Der Weltdurchschnitts-Energieverbrauch umgelegt auf 7 Milliarden Menschen liegt bei ca. 2000 Watt im Dauerbetrieb. Die **Stadt Zürich** strebt deshalb den Zustand einer **2000 Watt Gesellschaft** an.

#### **Hinweis: Was heißt das auf der Ebene individueller Betätigung?**

Ein trainierter Hobbysportler schafft auf dem Fahrrad in Dauerbelastung etwa 100 - 150 Watt h.

50 solcher Hobbysportler wären per deutschem Bürger in Dauerbetrieb erforderlich, um den deutschen Durchschnittsenergieverbrauch zu decken (**50 Energiesklaven**)

Das folgende Beispiel zeigt, dass ein Mensch mit **sehr wenig Energie** auskommt, um große Dinge zu bewegen.

Will man 10kg von Höhe 0 auf die Spitze des Mount Everest ( $\approx 9$  km) bringen, dann ist das energetisch etwa so, als würde ein Hobby-Fahrradfahrer bei 90kg (inkl. Fahrrad) in den Alpen 1000 Höhenmeter überwinden wollen. Das erfordert etwa 2 Stunden lang etwa 120 Watt Leistung (insgesamt etwa 250 Watt h, d. h. etwa  $\frac{1}{4}$  kWh). Das ist weniger, als ein viertel Toaster im Dauerbetrieb.

Das Beispiel erklärt, warum **Gewichtsreduktion** durch Sport allein an Grenzen stößt. Denn für 2 Stunden Sport vom Typ Fahrradfahren in den Alpen für Hobbyfahrer werden für 250 Watt h, selbst unter Einbeziehung von Effizienz- und Umwandlungsverlusten nur etwa 1000 – 2000 Kilokalorien Nahrung verbraucht. Der Mensch insgesamt, mit seinen vielfältigen Funktionen, verbraucht im Normalprozess etwa 3,5 Kilowatt h Energie am Tag. Dazu benötigt er Nahrung pro Tag mit einem Energiewert von etwa 3000 Kilokalorien. Es arbeitet wohl keine Maschine so Energie-effizient wie der Mensch, wenn die Fülle von Menschen erbrachter Funktionen mit bedacht wird.

#### Zur Einordnung:

- Eine Standardschokolade 100 gr. beinhaltet etwa 530 Kilokalorien
- Ein Joghurt 250 gr. etwa 250 Kilokalorien (als Magerjoghurt etwa 150 Kilokalorien)
- 500 ml Olivenöl enthalten etwa 4100 Kilokalorien

**Hinweis:** Die Energiemenge von  $\frac{1}{4}$ kWh für das Anheben von 10kg um 9km kann auch mit der Formel für die potentielle Energie  $E_{\text{pot}}$  direkt berechnet werden. Wie auf jedes Objekt der Erde wirkt auf die 10kg die Anziehungskraft der Erde (Gravitationskraft  $F_G$ ). Je weiter ein Objekt vom Zentrum der Erde entfernt (je größer die Höhe  $h$ ) ist, desto größer ist  $E_{\text{pot}}$  :

$$E_{\text{pot}} = F_G \cdot h$$

Die Arbeit ist gleich der Energie:

$$\text{Arbeit} = \text{Kraft} \cdot \text{Weg} = E_{\text{pot}} = F_G \cdot h$$

In der Gewichtskraft  $F_G$  stecken die 10kg in Form der Masse  $m$  und der Einfluss  $g$  der Gravitation auf auf die Masse  $m$ . Also kann man schreiben

$$E_{\text{pot}} = F_G \cdot h = m \cdot g \cdot h, \text{ weil } F_G = m \cdot g \text{ ist.}$$

Was ist  $g$ ? Was macht es mit der Masse  $m$ ? Es ändert die Geschwindigkeit dieser 10kg, es zieht sie in Richtung Gravitationszentrum. Eine Geschwindigkeitsänderung ist eine Beschleunigung und  $F_G = m \cdot g$  ist eine Form des Newton'schen Gesetzes.

Die Erdbeschleunigung  $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$

Weiterhin gilt durch Fixierung von Einheiten folgendes:

Um 1kg (1Kp) um 1m anzuheben, benötigt man ca. **9,81Ws**, und zwar unabhängig von der Zeit.

Um 10kg auf 9000 Meter anzuheben benötigt man entsprechend  $9,81 \text{ Ws} \times 10 \times 9000 = 882.000 \text{ Ws} = \text{ca. } 0,245 \text{ Kilowattstunden}$ .

### **Abschließender Hinweis:**

Erwärmung von Wasser ist ein großer „Energieschlucker“.

Um 1 kg Wasser bei Normaltemperatur (d. h. etwa 1 l Wasser) um 1 Grad Celsius zu erwärmen, benötigt man 1 kcal. Dies betrifft genauer die Erwärmung von 14,5 auf 15,5 Grad Celsius.

$1 \text{ kcal} = 0,001163 \text{ kWh} = 1,163 \text{ Watt h}$

$860 \text{ kcal} = 1 \text{ kWh}$ .

Aufheizen von 1 Tonne Wasser um 50°C erfordert etwa 58 Kilowatt h. Damit lassen sich 2,36 Tonnen um 9000 Meter anheben.

### **Bildnachweise:**

Unbenannt © flickrsprotte – Flickr.com

energia e futuro © luigi giordano – Fotolia.com

CO<sub>2</sub> Clouds © Androm – Fotolia.com

Kraftwerk © claudia Otte – Fotolia.com