

# Energie – was ist das ?

Wie ist das mit den Maßeinheiten und Bewertungen;  
ist z. B. Kilowattstunde immer gleich Kilowattstunde ?

von Eberhard Wagner

e-mail [Eberhard.Wagner@energie-fakten.de](mailto:Eberhard.Wagner@energie-fakten.de)

## Hier die Fakten - vereinfachte Kurzfassung

Energie ist die Fähigkeit, äußere Wirkungen hervorzubringen. Diese – abstrakt klingende – Erklärung stammt von Max Planck. Energie tritt in den Erscheinungsformen auf: Mechanische, thermische, chemische, physikalische, elektromagnetische (Strahlung) und elektrische Energie. Der Begriff wird darüber hinaus auch als eine Wirtschaftsgröße (Energiewirtschaft, Energieangebot, Energienachfrage) verwendet.

Anschaulich wird Energie über den Energieinhalt eines Stoffes. Bei den fossilen Brennstoffen (Kohlen, Erdgas, Heizöl sowie bei Holz u. ä. Biomassen) ist das üblicherweise der Heizwert. Die Maßeinheit dafür ist das Kilojoule (kJ) – gesprochen „Kilodschi“ – bezogen auf ein Kilogramm (kg) oder einen Kubikmeter (m<sup>3</sup>) des jeweiligen Brennstoffes. Weitere zwar international nicht mehr zulässige, aber in der Praxis noch verwendete Energie-Einheiten sind die Kilokalorie (kcal)

und das „Kilogramm Steinkohleinheit – kg SKE“. Ein kg SKE entspricht 7.000 kcal bzw. 29.302 kJ. Diese Einheit ist besonders anschaulich, da ein kg SKE dem Durchschnittswert des Energieinhaltes von einem Kilogramm deutscher Steinkohle entspricht.

Die vorgenannten Erläuterungen sind eindeutig, betreffen allerdings nur die „Brennstoffe“, denen ein Heizwert zugewiesen werden kann. Was macht man aber bei „Energien“, wie Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik oder Kernenergie? Befasst man sich mit Einzelheiten, erkennt man sowohl die Vielschichtigkeit dieser Thematik als auch gewisse „Ungereimtheiten“ und damit Ursachen von möglichen Fehlbeurteilungen, die mit den verwendeten Maßeinheiten in Verbindung stehen können.

Bei der Erstellung der jährlichen sog. Primärenergiebilanzen für Deutschland, werden die

Probleme der Energie-Bewertung offenbar. Gleiche Bewertungsprinzipien sind aber eine Voraussetzung für die Beurteilung z. B. effektiver Energienutzung, u. a. auch in Konkurrenz der Staaten der Europäischen Union.

Ein Beispiel für mögliche Fehlbeurteilungen ist die oft genutzte Maßeinheit „Kilowattstunde“ bei allgemeinen Energie-Darstellungen (z. B. Prognosen). Besonders augenfällig ist das bei der Erdgasversorgung. Hier wird dem Bürger, z. B. beim Vergleich seiner Stromrechnung mit seiner Erdgasrechnung, suggeriert, dass eine Kilowattstunde Erdgas – in seiner physikalischen Wirkung – vergleichbar ist mit einer Kilowattstunde Elektrizität. Das entspricht nicht der Realität.

In der Langfassung werden Einzelheiten dieser unterschiedlichen Energie-Wertigkeiten und weitere Probleme der Bewertung und der Vergleichbarkeit von „Energien“ behandelt.

# Energie – was ist das ?

Wie ist das mit den Maßeinheiten und Bewertungen;  
ist z. B. Kilowattstunde immer gleich Kilowattstunde ?

von Eberhard Wagner

e-mail [Eberhard.Wagner@energie-fakten.de](mailto:Eberhard.Wagner@energie-fakten.de)

## Hier die Fakten - Langfassung

Die Energieversorgung betrifft jeden Bürger. Gleich ob es sich um den Bedarf von Elektrizität/ Strom, Erdgas, Fernwärme, Heizöl, Benzin oder Brennholz handelt. Jedermann wird darauf bedacht sein, seinen persönlichen Energiebedarf möglichst rationell, d. h. mit geringstem bzw. optimalem Geldaufwand zu befriedigen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, „Energien“, letztlich auch die verfügbaren Nutzungstechniken, vergleichbar zu machen.

### Was ist Energie?

Energie ist die Fähigkeit, äußere Wirkungen hervorzubringen. Diese Erklärung stammt von dem bedeutenden Physiker Max Planck. Sie ist von der vielsprachigen „Energie Terminologie des Welt Energie Rates“ übernommen worden. Energie tritt durch ihre erkennbaren Wirkungen in den Erscheinungsformen auf: Mechanische, thermische, chemische, physikalische, elektromagnetische (Strahlung) und elektrische Energie. Der Begriff wird darüber hinaus auch als eine

Wirtschaftsgröße (Energiewirtschaft, Energieangebot, Energienachfrage) verwendet.

### Maßeinheit der Energie

Die Maßeinheit für Energie ist das Joule (J) - gesprochen „dschul“. Wegen der Kleinheit dieser Einheit wird meist das 1.000fache angewendet, das Kilojoule (kJ) – 1 kJ = 1.000 J. Zusätzlich werden in der Praxis die Einheiten Kilokalorie (kcal) und das „Kilogramm Steinkohleeinheit – kg SKE“ genutzt. Anschaulich wird Energie über den Energieinhalt, den sog. Heizwert. Bei den fossilen Brennstoffen Kohle, Öl und Erdgas ist das unmittelbar einsichtig. Die Maßeinheit für Heizwert ist kJ oder kcal pro kg bzw. m<sup>3</sup> (Kubikmeter) des jeweiligen Brennstoffes (z. B. kJ/kg oder kcal/kg). Besonders „sichtbar“ ist die Einheit „Kilogramm Steinkohleeinheit – kg SKE“. Der Durchschnittswert des Energieinhaltes eines Kilogramms deutscher Steinkohle entspricht nämlich einem kg SKE. Ein kg SKE ist gleich 29.302 kJ bzw. 7.000 kcal.

### Vergleichbarkeit von Energien/Energieträgern

Zur Beurteilung der Zweckmäßigkeit und der Effektivität der Nutzung (also der Energie-Umwandlungstechniken) der sehr unterschiedlichen Energieträger sind einheitliche Bewertungsprinzipien notwendig. Ein wichtiges Beispiel für diese Voraussetzung ist die sog. Primärenergiebilanz.

### Primärenergiebilanz

Jeder Staat verschafft sich jährlich einen Überblick über die Summe (Addition) aller verwendeten Energieträger, seien diese im Staatsgebiet gewonnen, importiert oder auch exportiert. Das erzwingt die Anwendung einer Maßeinheit für alle Energieträger um diese überhaupt addieren zu können. In Deutschland ist dazu die Maßeinheit Joule (J) zu verwenden. Das Joule ist eine sehr kleine Einheit. Aus diesem Grund und aus historischen Gründen ist immer noch das „Kilogramm Steinkohleeinheit (kg SKE)“ üblich. Das, obwohl das „Gesetz über Einheiten im Messwesen“ die Verwendung dieser

**LANGFASSUNG**

Einheit im amtlichen und geschäftlichen Verkehr nicht mehr gestattet. Aus denselben Gründen findet auch die Einheit Kalorie (cal), 1 Kilokalorie = 1.000 Kalorien, Verwendung. So ist 1 kg SKE = 7.000 kcal und 1 kcal = 4,186 kJ. Um griffige Zahlenwerte zu bekommen, werden Vielfache wie Kilo (k), Mega (M), Giga (G), Tera (T), Peta (P) benutzt, also kJ, GJ usw., bzw. Tonnen im Fall der SKE - siehe Seite 4. Der Primärenergieverbrauch in Deutschland betrug 2009 rund 455 Millionen Tonnen SKE (Mio. t SKE), das sind 13.341 Petajoule (PJ).

Diese Werte werden von der [AG-Energiebilanzen](#) erfasst und publiziert. Der Energieverbrauch in Deutschland ist 2009 gegenüber

Wärmeeinheiten, wie kg SKE, kcal oder kJ. Wie bewertet man aber Energien, die keinen Heizwert haben, wie z. B. Wasserkraft, Kernenergie, Windkraft und Photovoltaik? Diese müssen ja ebenso in der Bilanz Berücksichtigung finden.

Die Primärenergiebilanz muss viele weitere Aspekte beachten. Außer der „Verbrennung“ weist die Bilanz z. B. auch einen Anteil für den sog. nichtenergetischen Verbrauch aus. Darunter versteht man den Verbrauch von z. B. Erdöl und Erdgas für die Produktion von Schmierstoffen und Kunststoffen in der Chemischen Industrie. Beim Stromverbrauch ist der Stromaußenhandel (Einfuhr und Ausfuhr) von Bedeutung.

Strom-Versorgung) bewertet. Die Wasserkraft, wie auch die regenerativen Energien Windkraft und Solarstrahlung wurden mit ihrer Stromerzeugung direkt mit dem vorgenannten Brennstoffverbrauch verknüpft. Die Bewertung erfolgte demnach so, als ob man diese Strommengen in konventionellen Wärme-Kraftwerken erzeugt hätte. Auch die Stromerzeugung aus Biomassen wurde wegen ihrer Unterschiedlichkeit und Erfassbarkeit so behandelt, obwohl diesen Heizwerte zugewiesen werden können. Die Bewertung des Stromaußenhandels, der Kernenergie und der Müllverbrennung wurde ebenso vorgenommen.

Energieeinheiten					1 kWh *)
	kJ	kcal	kg SKE	1 kg RÖE	
1 kJ =	1	0,239	0,000034	0,000024	0,000278
1 kcal =	4,186	1	0,000143	0,0001	0,001163
1 kg SKE =	29.308	7.000	1	0,7	8,14
1 kg RÖE =	41.868	10.000	1,428	1	11,63
1 kWh = *)	3.600	860	0,123	0,086	1

\*) Die Umrechnungen als Energieeinheit ist wertmäßig nicht zu beanstanden.

Es können dann Fehlinterpretationen entstehen, wenn "kWh" als Elektrizität/Strom gemeint ist. Siehe Text, Abschnitt: Elektrotechnische Maßeinheit "Kilowattstunde"

2008 deutlich gesunken. Der Abwärtstrend der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung führte zu einem Rückgang von rund 6 %.

Die – historische – Grundlage der deutschen Primärenergie-Bilanzierung ist die Umrechnung der Mengen verbrennungsfähiger, bes. der fossilen Energieträger (Kohlen, Erdgas, Heizöl, Holz, Torf) über deren Heizwert in

**Substitutionsmethode**

Die oben genannte Addition der Energieträger ist auch eine Frage der Rechenmethodik. Bis 1995 wendete man in Deutschland die sog. Substitutionsmethode an. Energieträgern denen kein Heizwert zugewiesen werden kann, wurden nach dem durchschnittlichen Brennstoffverbrauch von Wärme-Kraftwerken (allgemeine

Eine Kilowattstunde (kWh) z. B. Wasserkraft-Strom entsprach 1995 demnach 0,321 kg SKE, gleich 2.245 kcal. Dies ergibt sich aus dem Wirkungsgrad der Wärme-Kraftwerke von 38,3 % (Durchschnittswert in den alten Bundesländern im Jahr 1995).

Für 2009 weist die AG-Energiebilanzen einen durchschnittlichen Wirkungsgrad aller

## LANGFASSUNG

Wärme­kraftwerke von 40,9 % aus. Dieser Wert zeigt die bemerkenswerte Weiterentwicklung der Kraftwerkstechnik, also die verbesserte Ausnutzung von fossilen Brennstoffen, insbesondere von Stein- und Braunkohlen.

Diese Methode zeigte direkt das Substitutionsvermögen der erneuerbaren Energien auf im Hinblick auf den Verbrauch von fossilen Brennstoffen und die Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Allerdings weist der Rechenansatz über den Wirkungsgrad der Wärme-Kraftwerke auf eine Dynamik der Bewertung hin. Je höher der Wirkungsgrad der Wärme-Kraftwerke aufgrund deren technischen Weiterentwicklung wird, desto geringer wird der Substitutionswert der erneuerbaren Energien.

### Wirkungsgradmethode

Aufgrund von internationalen Vereinbarungen (Internationale Energie Agentur, Europäische Union – EU) wird in Deutschland ab 1995 die Bilanzierung nach der sog. Wirkungsgradmethode vorgenommen. Den Energieträgern, denen kein Heizwert zuordenbar ist, wird ein feststehender Umrechnungswert zugewiesen. Für Strom aus Wasserkraft,

Windkraft und Photovoltaik wird ein Wirkungsgrad von 100 % angenommen - das sind 0,123 kg SKE pro Kilowattstunde (kWh), gleich 860 kcal/kWh bzw. 3.600 kJ/kWh. Der Strom aus Kernenergie wird mit 33 % und der aus Geothermie mit 10 % bewertet. Der Strom aus Müll und Abfällen (z. B. Klärschlamm) wird nach wie vor nach der Substitutionsmethode ermittelt. Der Umrechnungswert für 2009 beträgt gemäß dem vorgenannten „Wirkungsgrad“ von 40,9 %, also 0,300 kg SKE/kWh.

Diese Umrechnung gilt zur Zeit auch für die Stromerzeugung aus Biomassen. Es ist beabsichtigt, Biomassen mit ihrem realen Heizwert in den Primärenergiebilanzen zu berücksichtigen. Die Abstimmungen zwischen den Beteiligten über derartige statistische Erfassungen sind im Gange.

### Methoden-Vergleich

Beide Methoden haben sowohl Vorteile als auch Nachteile. Einen „Königsweg“ bzw. eine physikalisch begründete Normierung gibt es nicht.

Es ist erkennbar, dass mit der Wirkungsgradmethode die Stromgewinnung aus erneuerbaren Energien im Vergleich mit

der Substitutionsmethode in der Energiebilanz niedrigere Beträge hat. Die Kernenergie erreicht aufgrund des Rechenansatzes eines geringeren Wirkungsgrades höhere Beiträge. An den absoluten Beträgen der Stromerzeugung ändert sich natürlich nichts.

Aus den „vergleichbaren“ nationalen Bilanzen lassen sich nicht unbedingt generelle energiepolitische Handlungsweisungen ableiten, z. B. für die EU. Besonders betrifft das die Wärmeversorgung (unterschiedliche klimatische Bedingungen in Europa) als auch die sehr unterschiedlichen Gegebenheiten der Stromerzeugung. Frankreich deckt seinen Strombedarf zu etwa 75 % durch Kernenergie und 15 % durch Wasserkraft, Schweden etwa hälftig aus Wasserkraft und Kernenergie. Norwegen (nicht EU) bezieht seinen Strom zu etwa 99 % aus Wasserkraft. Hieraus zum Beispiel Werte der Energie-Effizienz (Wie viel „Energie“ ist für die Erwirtschaftung von einem Euro Inlandsprodukt in den einzelnen Staaten notwendig?) zu errechnen, und daraus einen anzustrebenden Leitwert abzuleiten, kann irreführen.

Name	Kürzel	Umrechnungsfaktor	Benennung
Kilo	k	10 <sup>3</sup> -fache	Tausend
Mega	M	10 <sup>6</sup> -fache	Million (Mio.)
Giga	G	10 <sup>9</sup> -fache	Milliarde (Mrd.) (USA: Billion)
Tera	T	10 <sup>12</sup> -fache	Billion (USA: Trillion)
Peta	P	10 <sup>15</sup> -fache	Billiarde
Exa	E	10 <sup>18</sup> -fache	Trillion

In Verbindung mit „SKE“ sind üblich: „Tonnen – t“; 1 t = 1.000 kg = 1 Mio. g = 1 Mg

### Elektrotechnische Maßeinheit „Kilowattstunde“

In der Fachliteratur (insbesondere auch in Studien) findet man die Verknüpfung der elektrotechnischen Maßeinheit „Kilowattstunde“ mit der allgemeinen physikalischen Eigenschaft von Energie (Wärmeinhalt von Energieträgern im Sinne von Heizwert). Besonders im Bereich des Erdgasmarktes werden die Gewinnung und der jährliche Verbrauch in Kilowattstunden, auch in Terawattstunden (TWh) pro Jahr, angegeben. Auch Fernwärme wird vielfach in der Einheit „kWh“ abgerechnet und verkauft.

Diese Verwendungen einer eigentlich elektrotechnischen Einheit sind grundsätzlich zu kritisieren. Es besteht nämlich die Unsicherheit, wenn keine Erläuterungen gegeben werden, was meistens der Fall ist, ob es sich bei den Werten um „Energie“ oder um „Strom“ handelt. Strom ist immer Energie, aber Energie ist nicht immer gleich Strom!

### Die private Strom- und Erdgasabrechnung

Ein Beispiel für mögliche Fehlurteilungen wird im Bereich der Erdgasversorgung deutlich. Hier wird dem Bürger, wenn dieser

z. B. seine Stromrechnung mit seiner Erdgasrechnung vergleicht, suggeriert, dass eine Kilowattstunde Erdgas – in seiner physikalischen Wirkung – vergleichbar ist, mit einer Kilowattstunde Elektrizität. Das entspricht aber nicht der Realität.

Bei der reinen Wärmeversorgung würde aus einer Kilowattstunde Erdgas etwa eine Kilowattstunde „wirkliche“ Wärme entstehen, abgesehen von geringen Verlusten bei der Verbrennung (Heizkessel). Das sind in anderen Maßeinheiten: 860 Kilokalorien oder 3.600 Kilojoule.

Bei einer unterstellten privaten Stromerzeugung, die technisch durchaus möglich ist, würde aber schwerwiegend der Energie-Umwandlungs-Wirkungsgrad der Erdgas-Motor-Generator-Technik z. B. eines Mini-Block-Heiz-Kraftwerks bedeutsam sein. Dieser beträgt etwa 30 bis 33 Prozent. Hieraus wird das Bewertungsproblem ersichtlich: Eine Kilowattstunde ist eben nicht immer eine Kilowattstunde. Im Beispiel der Stromerzeugung wird hierbei aus einer Kilowattstunde Erdgas nur etwa 1/3 Kilowattstunde Strom. Die genauere Energiebewertung von Block-Heiz-Kraftwerken ist allerdings nicht so einfach. ■

### Siehe auch:

- Welche Bedeutung hat die Kraft-Wärme-Kopplung ?
- Warum ist der elektrische Wirkungsgrad von Kernkraftwerken in der Regel niedriger als der von Kohlekraftwerken?
- Wie haben sich die Wirkungsgrade der Kohle-Kraftwerke entwickelt und was ist künftig zu erwarten?
- Warum haben Wärmekraftwerke einen relativ niedrigen Wirkungsgrad?
- Abwärme: Kann man Kühlwasser von Kraftwerken nutzen?
- Kühlwasser: Warum benötigen Wärmekraftwerke das?
- Wie ist das mit dem Wasser und Wasserdampf in thermischen Kraftwerken?

### Umrechnungshilfen

Zum leichteren Verständnis werden hier die wesentlichen benutzten Größen und Einheiten der „Energiewirtschaft“ wiedergegeben.

Dezimale Vielfache von Einheiten, wobei die Basiseinheiten Joule (J), Kalorie (cal) und Gramm (g) sind. Dazu siehe Seite 4.