Zeitschrift: Energie & Umwelt : das Magazin der Schweizerischen Energie-Stiftung SES

Herausgeber: Schweizerische Energie-Stiftung

Band: - (2006)

Heft: 3: Strom ohne Grenzen : was bringt der offene Strommarkt?

Artikel: Rechnen mit Energie und Leistung

Autor: Paschotta, Rüdiger

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-586746

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

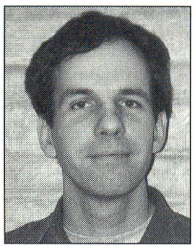
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Rechnen mit Energie und Leistung

Das Rechnen mit Kilowatt und Megajoules ist kein Hexenwerk. Eine kleine Einführung hilft beim Einstieg und bei der Vermeidung von Fehlern.



Von Dr. Rüdiger Paschotta,
Physiker,
Paschotta@rp-photonics.com

Angaben wie «Die Windenergieanlage liefert 350 kW pro Jahr» liest man häufig; bisweilen informieren sie eher über die Grenzen der Kompetenz des Autors als über die Sache. Die Grundzüge des Rechnens mit Energie und Leistung zu beherrschen, erspart nicht nur Blamagen, sondern erlaubt einem vor allem auch interessante Abschätzungen und Vergleiche. Hier soll versucht werden, einige Grundlagen verständlich zu erläutern und ein Gefühl für die involvierten Grössen und Zahlen zu vermitteln.

Die Grundlagen

Eine gewisse Menge Energie wird benötigt, um eine bestimmte «Arbeit» im physikalischen Sinne zu verrichten, also z. B. drei Personen um vier Stockwerke anzuheben oder ein Auto gegen Schwerkraft und Reibung über die Alpen zu befördern. Solche mechanische Energie kann auch in andere Energieformen umgewandelt werden, etwa in Wärme oder Elektrizität. Energieverluste im engeren Sinne gibt es bei solchen Umwandlungen nicht, häufig aber eine unvollständige Umwandlung, die effektiv als Verlust empfunden wird. So ist für den Autofahrer der Anteil der durch Verbrennung erzeugten Wärmeenergie, der nicht in mechanische Energie umgewandelt wird, sondern die Umgebung aufheizt, effektiv verloren. Der Wirkungsgrad ist der Anteil der Energie, der in die gewünschte Form umgewandelt werden kann.

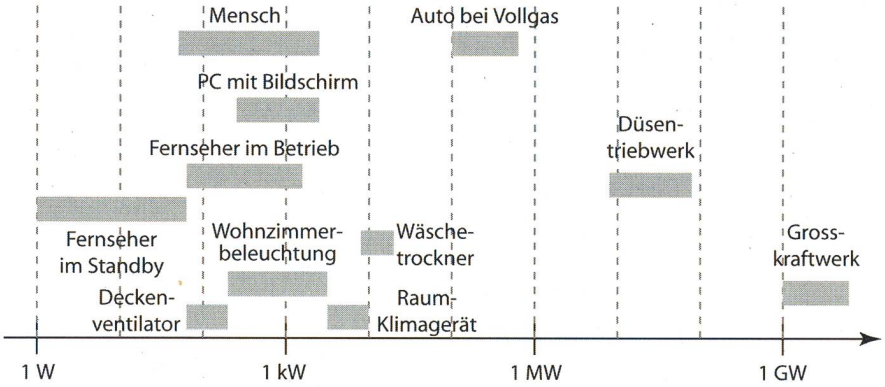
Energie aller Formen kann mit der gleichen Einheit quantifiziert werden, was für viele Rechnungen enorm praktisch ist. Im heute üblichen Einheitensystem ist das Joule (J) die grundlegende Energieeinheit. Wenige Kilojoule (1 kJ = 1000 J) genügen, um ein Velo mit Fahrer einmal ordentlich in Schwung zu bringen. Mit einigen Megajoule (1 MJ = 1000 kJ = 1 Mio. Joules) wäscht man eine Ladung Wäsche, und ein Liter Heizöl liefert (ohne Verluste im Heizkessel) ca. 35 MJ Wärme. Weitere gebräuchliche Einheiten für Energie sind die Kilowattstunde (1 kWh = 3'600'000 J) und die Kalorie (1 cal = 4,19 J).

Wenn Energie in einer gewissen Zeit umgesetzt wird, bezeichnet die Leistung die umgewandelte Energiemenge pro Zeiteinheit. Die Grundeinheit ist das Watt (W); 1 Watt entspricht einem Joule pro Sekunde und genügt für den Antrieb eines kleinen Spielzeugmotors. Ein Kilowatt (kW) entspricht 1 kJ pro Sekunde oder 3600 kJ = 3.6 MJ = 1 kWh pro Stunde. Wir verstehen nun also die Kilowattstunde (kWh) als die Energiemenge, die ein Gerät mit einer Leistung von einem Kilowatt in einer Stunde umsetzt. Bei unvollständiger Umsetzung sind verschiedene Angaben möglich: z. B. für einen Dieselmotor bei Autobahnfahrt entweder die aufgenommene Leistung (5 Liter Dieselöl pro Stunde entspricht 5 * 35 MJ pro Stunde, also 175 MJ / (3600 s) = 49 kJ/s = 49 kW) oder die abgegebene Antriebsleistung von 15 kW. Hier wäre der Wirkungsgrad 15 kW / 49 kW = 0.31 = 31 %. Für Motoren sind leider immer noch die Pferdestärken (PS) als Leistungseinheit üblich; 1 PS = 0.735 kW. Ein 1500-PS-Motor eines Schiffsantriebs leistet also 1100 kW = 1.1 MW, in dieser Form gut zu vergleichen mit den 300 MW eines Gaskraftwerks. Die Abwärmeleistung des Schiffsmotors von vielleicht 2 MW würde genügen für die Beheizung von 200 kleineren Häusern bei Frost.

Beispiele

Man wird nun Kilowatt und Kilowattstunden nicht mehr miteinander verwechseln und auch andere Fehler vermeiden. Die oben genannte Windkraftanlage mag bei vollem Wind eine Spitzenleistung von 350 kW produzieren. Je nach Windverhältnissen am Standort wären es dann z. B. 80 kW im Jahresdurchschnitt, was zu einer Jahresproduktion von 80 kW * 24 (Stunden pro Tag) * 365 (Tage pro Jahr) = 700'800 kWh führen würde. Die Angabe in der Einleitung könnte jedoch durchaus auch so gemeint sein, dass 350 kW die durchschnittliche Leistung ist, entsprechend einer Jahresproduktion von gut 3 Millionen kWh. Man sieht, dass klarere Angaben sehr wünschenswert sind.

Die grössten Leistungen handhabt eine Privatperson meist im Zusammenhang mit dem Auto. Ein Automotor liefert z. B. maximal 50 kW (= 68 PS) Antriebsleistung aus 180 kW durch Verbrennung von Benzin, gibt also dabei 130 kW als Wärme ab. Der Wirkungsgrad ist dann 28%. Im Leerlauf leistet er nichts (Wirkungsgrad = 0) und verbraucht immer noch 10 kW in Form von Benzin (gut 1 Liter pro Stunde), die er als Wärme an die Umgebung abgibt. Diese 10 kW würden ausreichen, ein einigermassen wärmegedämmtes Einfamilienhaus im Winter warm zu halten. Ein grosses Gaskraftwerk liefert z. B. 300 MW Elektrisch und gibt eine ähnlich grosse Leistung in Form von Wärme an die Umgebung ab. Ein grosser Atomreaktor liefert 3 GW =



Primärenergieumsatz diverser Verbraucher: Der Wirkungsgrad der Stromerzeugung wurde als 30% angenommen. Man beachte den weiten Bereich z. B. bei den Fernsehern mit elektrischen Leistungen zwischen ca. 20 W (kleines LCD-Gerät) und 500 W (grosser Plasmabildschirm). Beim Menschen gelten die oberen Werte des Bereichs für kurzfristige starke Anstrengung.

3000 MW thermisch, woraus ca. 1 GW Elektrisch und 2 GW in Form von Abwärme entstehen. So viel Wärme an einem Ort ist schwer zu verwerten und wird deswegen meist in die Atmosphäre und/oder einen Fluss entlassen.

Wasser hat eine Wärmekapazität von 4.19 kJ / (kg K) – man benötigt also 4.19 kJ, um ein kg Wasser um ein Grad zu erwärmen. Wenn am Waschbecken 15 Liter (also 15 kg) pro Minute durchlaufen, die in der Heizanlage um 50 Grad erwärmt werden müssen, entspricht das pro Sekunde einer Energiemenge von 4.19 kJ * 50 * (15 / 60) = 52 kJ, also einer Wärmeleistung von 52 kW. Vergleicht man dies z. B. mit den 60 W der Deckenbeleuchtung, so versteht man, warum dem Kundigen beim Anblick eines nutzlos laufenden Heisswasserstrahls die Haare zu Berge stehen, während ihn das zehn Minuten lang nutzlos brennende Licht vergleichsweise kühl lässt.

Man vergleiche solche Zahlen mit dem durchschnittlichen Umsatz des Körpers eines erwachsenen Menschen. Eine Zufuhr von täglich 2000 Kilokalorien durch die Nahrung entspricht 4.19 * 2000 kJ = 8.38 MJ. (Vorsicht: Was oft als «Kalorien» angegeben wird, sind in Wirklichkeit Kilokalorien; 1 kcal = 4.19 kJ.) Dies ergibt eine Leistung von ca. 100 W (gemittelt über Tag und Nacht). Der Betrieb eines Autos entspricht also bereits im Leerlauf (mit 10 kW) energetisch der Haltung von 100 Sklaven, bei mässig schneller Autobahnfahrt noch 5- bis 10-mal mehr.

Fazit

Wie gezeigt, helfen kleine Rechnungen mit Energie und Leistung, verschiedene Grössen in eine Beziehung zueinander zu setzen. Falls Sie ein bisschen üben möchten, sind Sie herzlich eingeladen, unsere Wettbewerbsaufgabe zu lösen...

Wettbewerb – Folgende Aufgabe ist zu lösen:

a) Ein Auto benötigt bei konstant 90 km/h eine Antriebsleistung von 11 kW und verbraucht 4.8 Liter Benzin auf 100 km. Ein Liter Benzin enthält 32 MJ. Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Motors.

b) Wie gross wäre der Benzinverbrauch in l /100 km bei 40 km/h, wenn der Motor die dann nötige Antriebsleistung von 2 kW mit dem gleichen Wirkungsgrad erzeugen könnte?

Wer die korrekten Resultate bis zum 30.09.2006 an die Geschäftsstelle der SES per Mail oder Post einschickt, gewinnt ein Geschenk-Abo des E&U für ein Jahr zum Weiterschenken.
Antworten – unter Angabe, wem Sie das E&U-Abo schenken, einsenden an:
SES, Sihlquai 67, 8005 Zürich, Tel. 044 271 54 64, Fax 044 273 03 69, info@energiestiftung.ch.

SES-INTERN

2 neue Stiftungsrätinnen

Corinne Schmidlin ist halbe Apothekerin und ganze Umweltnaturwissenschafterin ETH. Von der Apotheke über den Schweizerischen Bankverein, über ein Ökobüro und die ETH kam sie vor über 10 Jahren zur Stadtökologie Baden. Dort ist sie noch heute mit vollem Elan dabei und in vielfältigste Projekte involviert. Sie führt Umweltwochen durch, ist bei Planungsvorhaben dabei, leitet Projekte im Natur- und Umweltschutz und beschäftigt sich intensiv mit der Nachhaltigen Entwicklung. Aktuell ist sie daran beteiligt, mit der Energiestadt Baden den European Energy Award in Gold zu erlangen. Corinne ist eine kompetente und sympathische Umweltfachfrau und für die SES eine wahre Bereicherung. Sie ist 43 Jahre alt und lebt mit ihrer Familie in Baden. Herzlich willkommen.

Anna Vettori ist Ökonomin. Nach dem Studienabschluss war sie bei der Erdgas Zürich im Unternehmensstab engagiert. Seit 2000 arbeitet Anna bei INFRAS, einem privaten Forschungs- und Beratungsunternehmen. Als Senior-Projektleiterin sind ihre heutigen Schwerpunkte Regulierungs- und Wettbewerbspolitik, volkswirtschaftliche Analysen und Evaluationen sowie nachhaltige Unternehmensbewertungen. Nebst dem neuen Engagement bei uns sitzt sie im Vorstand der ADEV Energie-Genossenschaft in Liestal. Für die SES ist Anna ein Glücksfall. Sie ist 39 und lebt mit ihrem Partner in Zürich. Herzlich willkommen.

Herzlichen Dank Erich! Erich Willi verlässt den Stiftungsrat nach sechs Jahren aus Lust und Laune. Als Verkehrsfachmann und langjähriger METRON-Mitarbeiter hat er die SES stets auf Trab gehalten und immer wieder gute und kritische Inputs eingebracht. Seine Ideen werden wir vermissen. Wir bedanken uns ganz herzlich für sein ehrenamtliches Engagement innerhalb der SES und wünschen ihm für die Zukunft nur das Beste.