

## 2. Die Bilanz



*Nature cannot be fooled.*

Richard Feynman

◦Lassen Sie uns über Energieverbrauch und Energieproduktion reden. Momentan wird die meiste Energie, die in der industrialisierten Welt verbraucht wird, von fossilen Brennstoffen geliefert. Das ist nicht nachhaltig. ♦Den Begriff „nachhaltig“ wollen wir hier in seiner engeren Bedeutung als Synonym für „immerwährend“ „unerschöpflich“ „aufrechterhaltbar“ verwenden. Der englische Ausdruck dafür ist „sustainable“, der mit dem Verb „sustain“ = aufrechterhalten verwandt ist. In der englischsprachigen Literatur wird „sustainable energy“ oft synonym mit „regenerative energy“ gebraucht, in vielen technischen Aspekten ist auch kein Unterschied vorhanden, weil regenerative Energie natürlich auch nachhaltig ist in unserem Sinne – für ewig aufrechtzuerhalten, unerschöpflich. Dennoch ist hier und da ein Bedeutungs- oder Schwerpunktsunterschied sichtbar: Beim Regenerativ-Konzept denkt man vorrangig in Kreisläufen, bei der Nachhaltigkeit geht es um eine Zeitspanne, in der sich „Abnutzungseffekte“ bemerkbar machen. Gezeitenkraft (vgl. Kap. 14) oder Geothermie (vgl. Kap. 16) beispielsweise sind physikalisch betrachtet nicht regenerativ im engeren Sinn, weil die entzogene Energie dem System nicht mehr zurückfließt; sie sind dennoch nachhaltig, weil die Halbwertszeiten der so angezapften Ressourcen (etwa die Wärmeenergie oder die Rotationsenergie der Erde) riesig im Vergleich mit den Planungshorizonten (mehrere hundert Jahre) sind. Fossile Brennstoffe sind zwar in einem sehr engen Sinn auch regenerativ (auf Zeitskalen von vielen Millionen Jahren werden sich wieder und wieder neue Lagerstätten bilden), wenn man sie aber nachhaltig ausbeutet (also lediglich mit der Entzugsrate, die der Neubildung entspricht) liefern sie keinen nennenswerten Beitrag zur Energieversorgung mehr<sup>6</sup>.

◦Wie lange genau wir auf Kosten fossiler Brennstoffe noch leben können, ist eine interessante Frage, doch ist das nicht die Frage, der wir in diesem Buch nachgehen wollen. Ich denke lieber über ein Leben ohne fossile Brennstoffe nach.

Dazu machen wir zwei Stapel. Links auf dem roten Stapel zählen wir all unseren Energieverbrauch zusammen, rechts auf dem grünen Stapel all unsere nachhaltige Energieproduktion. Wir bauen beide Stapel nach und nach auf und diskutieren dabei jeden Beitrag einzeln.



CONSUMPTION PRODUCTION

Die Frage, der in diesem Buch nachgegangen werden soll, ist die: „Ist es *theoretisch denkbar*, dass wir nachhaltig leben?“ Also zählen wir rechts alle *denkbaren* nachhaltigen Energiequellen, auf dem grünen Stapel. Im linken, roten Stapel schätzen wir den Verbrauch eines „typischen einigermaßen wohlhabenden Menschen“ ab; ich bitte Sie zudem, Ihren eigenen Gesamtverbrauch abzuschätzen und so Ihren *persönlichen* linken Stapel zu erzeugen. Später werden wir auch den derzeitigen *mittleren* Energieverbrauch eines Europäers und eines Amerikaners herausfinden.

<sup>6</sup> Vgl. hierzu auch folgende Definition in Wikipedia [de.wikipedia.org]: „Das Konzept der *Nachhaltigkeit* beschreibt die Nutzung eines regenerierbaren Systems in einer Weise, dass dieses System in seinen wesentlichen Eigenschaften erhalten bleibt und sein Bestand auf natürliche Weise nachwachsen kann.“

Einige der wesentlichen Formen des Verbrauchs für den linken Stapel sind:

- Transport
  - Autos, Flugzeuge, Fracht
- Heizung und Kühlung
- Beleuchtung
- Informationssysteme und andere Apparate
- Nahrungsmittel
- Fertigung

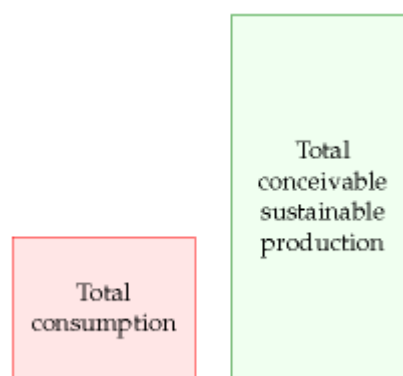
Im rechten Stapel nachhaltiger Produktion werden unsere Hauptkategorien sein:

- Wind
- Solar
  - Photovoltaik, Thermie, Biomasse
- Wasserkraft
- Gezeiten
- Geothermie
- Kernkraft ? (mit Fragezeichen, da nicht klar ist, ob AKWs als „nachhaltig“ gelten können)

Indem wir unseren Energieverbrauch für Heizung, Transport, Fertigung und so weiter bestimmen, wollen wir nicht nur eine Zahl für den linken Stapel unserer Bilanz errechnen, sondern zudem verstehen, wovon jeder Wert abhängt und wie empfänglich er für Veränderungen wäre.

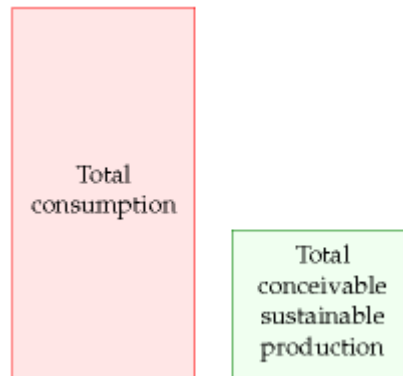
♦Im rechten, grünen Stapel addieren wir Schätzungen nachhaltiger Produktion für Deutschland. Das erlaubt uns eine Antwort auf die Frage: „Kann Deutschland theoretisch von seinen eigenen Erneuerbaren leben?“

◦Ob die nachhaltigen Energiequellen, die wir auf den rechten Stapel legen, aus ökonomischer Sicht machbar sind, ist eine wichtige Frage, die wir jedoch fürs erste beiseite lassen wollen. Lassen Sie uns zuerst die beiden Stapel aufbauen. Denn manchmal versteifen sich Leute zu sehr auf die ökonomische Machbarkeit und verlieren den Blick für das Große und Ganze. Zum Beispiel diskutieren Leute „Ist Windenergie billiger als Atomkraft?“ und vergessen zu fragen: „Wie viel Wind ist überhaupt verfügbar?“ oder „Wie viel Uran gibt es noch?“. Das Ergebnis unserer Addition könnte so aussehen:



Wenn wir herausfinden, dass der Verbrauch weitaus geringer ist als die theoretisch mögliche nachhaltige Produktion, dann können wir sagen: „Gut, wir können vielleicht nachhaltig leben; wollen wir doch einen Blick auf die Kosten werfen, die diese nachhaltigen Alternativen im ökonomischen, im sozialen und im Umweltbereich

verursachen, und herausfinden, welche davon wie viel Forschung und Entwicklung benötigen; wenn wir das gut machen, dann könnte es sein, dass es keine Energiekrise gibt.“ Andererseits könnte unser Ergebnis auch so aussehen:



— ein sehr viel trüberes Bild. Dieses Bild sagt nämlich „Egal wie die Ökonomie nachhaltiger Energiegewinnung aussieht: es ist einfach nicht genug, um unseren gegenwärtigen Lebensstil zu erhalten, massive Änderungen sind unausweichlich“.

## Leistung und Energie

◦Die meisten Diskussionen um Energieverbrauch und -produktion verwirren schon allein wegen ihrer ausufernden Vielfalt von Einheiten, in denen Leistung und Energie gemessen werden, von „Tonnen Rohöläquivalent“ bis „Terawattstunden“ (TWh) und Exajoule (EJ). Niemand außer den Spezialisten hat ein Gefühl dafür, was „ein Barrel Öl“ oder „Eine Million BTUs“ in menschlichen Begriffen bedeuten. In diesem Buch werden wir alles in einem einheitlichen Set personalisierter Einheiten beschreiben, unter denen sich jeder etwas vorstellen kann. ♦In der Schnellreferenz (Anhang J) sind zudem viele Umrechnungsfaktoren zusammengetragen, die Ihnen helfen können, unvorstellbare Einheiten in greifbare zu übersetzen.◦



Fig.2.1: Unterscheidung von Energie und Leistung: Jede dieser 60 Watt-Lampen hat 60 Watt Leistung, wenn sie an ist; sie hat nicht eine „Energie“ von 60 W. Sie benutzt 60 W elektrischer Leistung und emittiert 60 W Leistung in Form von Licht und Wärme (hauptsächlich letzteres).

Als Maßeinheit für die Energie wähle ich die Kilowattstunde (kWh). Diese Größe ist „eine Einheit“ auf der Stromrechnung, und sie kostet einen Privatverbraucher etwa 20 Cent. Wie wir sehen werden, erfordern die meisten täglichen Dinge Energiemengen einiger weniger kWh.

Wenn wir Leistung diskutieren (die Geschwindigkeit oder Rate der Energienutzung oder -produktion, ein Energiestrom sozusagen) wird die bevorzugte Maßeinheit die „Kilowattstunde pro Tag“ (kWh/d) sein. Gelegentlich benutzen wir auch das Watt ( $40\text{ W} \approx 1\text{ kWh/d}$ ) und das Kilowatt ( $1\text{ kW} = 1000\text{ W} = 24\text{ kWh/d}$ ), wie ich im folgenden noch erklären werde. Die Kilowattstunde pro Tag ist eine nette auf alltägliche Größenordnungen abgestimmte Einheit, die meisten energiefressenden Aktivitäten fressen in einer Geschwindigkeit, die einer kleinen Zahl von Kilowattstunden am Tag entspricht. Beispielsweise verbraucht eine 40W-Glühlampe, wenn sie permanent eingeschaltet ist, eine Kilowattstunde pro Tag. Einige Energieversorger versenden mit ihren Rechnungen Grafiken, die den Energieverbrauch in Kilowattstunden pro Tag zeigen. Ich werde diese

Einheit für alle Energieformen verwenden, nicht nur für Elektrizität. Ölverbrauch, Gasverbrauch, Kohleverbrauch: Ich werde all diese Leistungen / Energieströme in kWh/d messen. Lassen Sie mich eines klarstellen: Für manche Leute steht „Leistung“ ausschließlich für elektrische Energieströme. Doch dieses Buch handelt von allen Arten von Energieverbrauch und -produktion und für alle diese Arten benutze ich den Begriff „Leistung“.

Eine Kilowattstunde pro Tag ist etwa die Leistung, die man von einem menschlichen Sklaven erwarten kann. Die Anzahl kWh pro Tag, die man verbraucht, ist also die effektive Zahl von Sklaven, die man für sich arbeiten lässt.

Umgangssprachlich benutzen viele Leute die Begriffe Leistung und Energie synonym, doch in diesem Buch halte ich mich strikt an die wissenschaftlichen Definitionen. Leistung ist die Geschwindigkeit, mit der jemand oder etwas Energie benutzt oder liefert.

Vielleicht erklärt man Energie und Leistung am besten an Hand der Analogie zu Wasser und Wasserfluss aus einem Hahn. Wenn Sie Wasser trinken wollen, dann ein bestimmtes Volumen – einen Liter vielleicht (wenn Sie sehr durstig sind). Drehen Sie den Wasserhahn auf, erzeugen Sie einen Wasserfluss – ein Liter pro Minute, sagen wir, wenn der Hahn nur etwas tröpfelt, oder 10 Liter pro Minute bei einem größeren Hahn. Sie können dasselbe Volumen (einen Liter) abfüllen, wenn Sie den tröpfelnden Hahn eine Minute öffnen, oder den größeren für eine Zehntelminute. Das gelieferte Volumen in einer bestimmten Zeit ist gleich dem Fluss multipliziert mit der Zeit:

$$\text{Volumen} = \text{Fluss} \times \text{Zeit}.$$

Wir sagen dann, der Fluss ist die Geschwindigkeit oder die Rate, in der das Volumen geliefert wird. Kennt man das Volumen, das in einer gegebenen Zeit geliefert wird, kann man den Fluss errechnen, indem man das Volumen durch die Zeit dividiert:

$$\text{Fluss} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Zeit}}.$$

Und das ist die Verbindung zu Leistung und Energie: Energie ist wie das Volumen beim Wasser, Leistung entspricht dem Fluss. Wenn z.B. ein Toaster eingeschaltet wird, beginnt er Leistung aufzunehmen mit einer Rate von 1 Kilowatt. Er nimmt so lange ein Kilowatt auf, wie er eben eingeschaltet ist. Andersherum gesagt: ein permanent eingeschalteter Toaster verbraucht 1 Kilowattstunde (kWh) Energie pro Stunde, also 24 kWh pro Tag.

Je länger der Toaster an ist, um so mehr Energie verbraucht er auch. Den Energieverbrauch kann man sich ausrechnen, indem man die Leistung mit der Dauer multipliziert:

$$\text{Energie} = \text{Leistung} \times \text{Zeit}.$$

Die internationale Standardeinheit für die Energie ist das Joule, doch ist ein Joule leider viel zu klein, um damit vernünftig arbeiten zu können. Eine Kilowattstunde ist gleich 3,6 Millionen Joule (3,6 Megajoule).

Leistung ist so hilfreich und so wichtig, dass sie etwas hat, was dem Wasserfluss fehlt: eine eigene spezielle Einheit. Wenn wir über Fluss reden, messen wir ihn in „Liter pro Minute“ oder auch in „Gallonen pro Stunde“, „Kubikmeter pro Sekunde“. Bei solchen Einheiten ist es selbsterklärend, dass Fluss immer ein „Volumen pro Zeiteinheit“ bedeutet. Die Leistung (den Energiefluss) von einem Joule pro Sekunde nennt man ein Watt. 1000 Joule pro Sekunde heißen ein Kilowatt. Oder konkret in obigem Beispiel: Der Toaster benötigt ein Kilowatt. Ich sage nicht ein Kilowatt pro Sekunde, denn das „pro Sekunde“ ist bereits in die Definition des Watt eingebaut: Ein Kilowatt bedeutet gerade

„ein Kilojoule pro Sekunde“. Analog sagt man „Ein AKW erzeugt ein Gigawatt.“ Ein Gigawatt ist übrigens eine Milliarde Watt, oder eine Million Kilowatt, oder 1000 Megawatt. Ein Gigawatt ist also eine Million Toaster. Und, weil wir gerade dabei sind: Gigawatt und Megawatt werden mit großem G bzw. M abgekürzt (GW, MW), Kilowatt mit kleinem k (kW).

Und, bitte, sagen Sie niemals „ein Kilowatt pro Sekunde“, „ein Kilowatt pro Stunde“ oder „ein Kilowatt pro Tag“, nichts davon ist eine sinnvolles Maß für eine Leistung. Der Drang, den viele Leute offensichtlich verspüren, „per irgendwas“ zu sagen wenn sie über ihren Toaster sprechen, ist einer der Gründe, weswegen ich mich entschloss, die „Kilowattstunde pro Tag“ als meine Maßeinheit zu verwenden. Ich bitte um Entschuldigung, dass dies manchmal etwas umständlich zu sagen und zu schreiben ist.

Noch eine letzte Bemerkung: Wenn ich sage, „jemand verbraucht eine Gigawattstunde Energie“ ist dadurch nur ausgesagt, wie viel Energie verbraucht wird, nicht wie schnell. Der Ausdruck Gigawattstunde impliziert nicht, dass die Energie in einer Stunde verbraucht worden wäre. Sie können eine Gigawattstunde verbrauchen, indem Sie eine Million Toaster eine Stunde lang einschalten, oder 1000 Toaster für 1000 Stunden.

Wie erwähnt rechne ich Leistungen im Allgemeinen in kWh/d pro Person. Ich mag diese personalisierte Einheitenwahl, weil sie es viel einfacher macht, von nationalen Verhältnissen ♦Deutschlands° auf die in anderen Ländern oder Regionen überzugehen. Stellen Sie sich vor, wir diskutieren Müllverbrennung und stellen fest: ♦Deutschland erzeugt so 30 Terawattstunden (TWh) pro Jahr, Dänemark 10 TWh pro Jahr. Hilft uns das herauszufinden, ob Dänemark oder Deutschland „mehr“ Müll verbrennt? °Auch wenn die gesamte Energieproduktion aus Müllverbrennungsanlagen eines Landes interessant sein mag, gewöhnlich werden wir doch vorrangig an der Müllverbrennung pro Person interessiert sein. (Fürs Protokoll: Dänemark 5 kWh/d pro Person, ♦Deutschland 1 kWh/d pro Person. Also verbrennen die Dänen fünfmal mehr Müll als die Deutschen). °Um Tinte zu sparen, kürze ich manchmal „pro Person“ ab durch „/p“. Indem wir von vorneherein alles pro Person diskutieren, kommen wir zu viel leichter transportierbaren Aussagen, und das wird, hoffentlich, die weltweite Diskussion über Nachhaltigkeit nachhaltig beflügeln.

## Spitzfindigkeiten

*Ist Energie nicht eine Erhaltungsgröße? Wir reden davon, Energie zu benutzen, doch sagt nicht schon ein Naturgesetz, dass Energie weder erzeugt noch zerstört werden kann?*

Ja richtig, da bin ich in der Tat unpräzise. In Wirklichkeit ist das ein Buch über Entropie – eine ziemlich trickreiche und ungleich schwerer erklärbare Sache. Wenn wir ein Kilojoule Energie „aufbrauchen“, verwandeln wir in Wirklichkeit ein Kilojoule Energie mit niedriger Entropie (Elektrizität etwa) in eine exakt gleiche Menge Energie mit höherer Entropie (etwa heiße Luft oder heißes Wasser). Wenn wir die Energie in diesem Sinne „benutzt“ haben, ist sie weiterhin vorhanden, nur können wir sie normalerweise nicht ein weiteres Mal benutzen, da nur nieder-entropische Energie „nützlich“ für uns ist. Manchmal unterscheidet man die verschiedenen Stufen der Energie durch einen Zusatz an den Einheiten: 1 kWh(el) ist eine Kilowattstunde elektrischer Energie, welche die höchste Stufe von Energie darstellt. 1 kWh(th) ist eine Kilowattstunde thermische Energie, beispielsweise die Energie in 10 Litern kochenden Wassers. Energie in heißeren Dingen ist nützlicher (besitzt weniger Entropie) als Energie in lauwarmen Dingen. Eine dritte Stufe von Energie ist die chemische Energie. Chemische Energie steht ebenfalls auf hoher Stufe, ähnlich der elektrischen Energie.

Es ist eine zwar nachlässige aber bequeme Verkürzung, von Energie statt von Entropie zu reden, und wir werden davon ausgiebig Gebrauch machen in diesem Buch. Gelegentlich werden wir diese Nachlässigkeit nicht an den Tag legen können, etwa wenn es um Kühlungen, Kraftwerke, Wärmepumpen oder Geothermie geht.

*Vergleichen wir nicht Äpfel mit Birnen? Ist es zulässig, verschiedene Formen von Energie zu vergleichen wie etwa chemische Energie, die in ein benzinbetriebenes Auto getankt wird mit der Elektrizität einer Windturbine?*

Wenn verschiedene verbrauchsseitige Energien mit denkbaren Energiequellen verglichen werden, will man nicht implizieren, dass all diese Energieformen äquivalent und untereinander austauschbar seien.

Elektrizität aus der Windturbine ist nutzlos für ein Benzinauto, und mit Benzin wird man schwerlich einen Fernseher ans Laufen bringen. Im Prinzip kann man Energie von einer Form in die andere umwandeln, aber die Umwandlung beinhaltet Verluste. Mit fossilen Brennstoffen betriebene Generatoren schlucken chemische Energie und produzieren Elektrizität (mit einem Wirkungsgrad von 40 % oder so). Und Aluminiumfabriken schlucken elektrische Energie, um ein Produkt mit sehr hoher chemischer Energie zu erzeugen, Aluminium eben (mit einem Wirkungsgrad von 30% oder so).

In einigen Zusammenfassungen von Energieproduktion und -verbrauch werden alle verschiedenen Energieformen in dieselben Einheiten umgerechnet, aber Multiplikatoren eingeführt, die z.B. elektrische Energie aus Wasserkraft um den Faktor 2,5 höher bewerten als die chemische Energie im Öl. Dieses Aufblasen des effektiven Energiewertes von Elektrizität begründet man so: „Nun, 1 kWh elektrischer Energie ist gleichwertig mit 2,5 kWh Öl, weil wir aus dem Öl durch Betanken eines Generators 40% der 2,5 kWh Elektrizität gewinnen können, das ist genau 1 kWh.“ In diesem Buch werden wir gewöhnlich eine Eins-zu-eins-Umrechnung zu Grunde legen, wenn wir verschiedene Energieformen vergleichen. Es stimmt nämlich nicht, dass 2,5 kWh Öl unausweichlich äquivalent zu 1 kWh Elektrizität sind, das gilt nur innerhalb eines Weltbildes, in dem Öl dazu verwendet wird, Elektrizität zu erzeugen. Aber man kann umgekehrt auch chemische Energie aus Elektrizität gewinnen. In einer alternativen Welt (vielleicht nicht allzu fern) mit relativ viel Elektrizität und wenig Öl könnte man ja Elektrizität verwenden, um flüssige Treibstoffe herzustellen. In dieser Welt würde man sicherlich nicht den selben „Wechselkurs“ benutzen – jede Kilowattstunde Benzin würde dann etwa 3 kWh Elektrizität kosten! Darum denke ich, die zeitlose und wissenschaftliche Art Energieformen zu vergleichen ist, 1 kWh chemische Energie mit 1 kWh Elektrizität gleichzusetzen. Die Entscheidung, eine Eins-zu-eins-Umrechnung zu Grunde zu legen, führt auch dazu, dass meine Summationen teilweise etwas abweichen von denen anderer Autoren. Und nochmals weise ich darauf hin, dass diese Eins-zu-eins-Umrechnungsrate nicht impliziert, man könne Energieformen verlustfrei ineinander umwandeln. Chemische Energie in elektrische zu verwandeln verbraucht immer Energie, genauso wie die Umwandlung elektrischer in chemische Energie.

## **Physik und Gleichungen**

Meine Bestrebung über das gesamte Buch hinweg ist nicht nur, die Indikatorzahlen unseres gegenwärtigen Energieverbrauchs und denkbarer nachhaltiger Produktion herauszuarbeiten, sondern immer auch klar zu machen, wovon diese Zahlen abhängen. Diese Abhängigkeiten zu verstehen ist essentiell, wenn wir uns daran machen wollen, eine sinnvolle Politik zu entwickeln, um die eine oder andere Zahl zu verändern. Nur wenn wir die Physik hinter der Energieproduktion und dem Energieverbrauch wirklich verstehen, können wir Behauptungen aufstellen wie „Autos vergeuden 99% der ihnen zugeführten Energie, wir könnten Autos bauen, die 100 mal weniger Energie benötigen“.

Ist diese Behauptung wahr? Um die Antwort zu erklären, müsste ich eine Formel benutzen, nämlich

$$\text{kinetische Energie} = \frac{1}{2} m v^2.$$

Aber ich musste erkennen, dass vielen Lesern solche Formeln wie eine Fremdsprache vorkommen. Darum hier mein Versprechen: Ich werde all diesen fremdsprachlichen Formelkram in die technischen Kapitel am Ende des Buches packen. Jeder Leser mit einem Abitur oder Hochschulabschluss in Mathe, Physik oder Chemie sollte diese Kapitel genießen. Der Hauptstrang des Buches (von Seite 31 bis Seite 275) ist so gehalten, dass jeder ihn nachvollziehen kann, der addieren, multiplizieren und dividieren kann. Er ist im Besonderen adressiert an unsere lieben gewählten und ungewählten Volksvertreter in den Parlamenten.

Ein letzter Punkt, bevor es losgeht: Ich weiß nicht alles über Energie. Ich habe nicht alle Antworten und die Zahlen, die ich präsentiere, sind offen für Revisionen und Korrekturen (ich erwarte in der Tat Korrekturen und werde diese auf der Website des Buches auch veröffentlichen). Das einzige, was ich sicher weiß, ist, dass die Antworten auf unsere Fragen nach energetischer Nachhaltigkeit Zahlen umfassen werden, so wie jede gesunde Diskussion zu diesem Thema Zahlen benötigt. Das Buch hält sie bereit und zeigt, was man mit ihnen anstellen kann. Ich hoffe, Sie werden es genießen!



## Anmerkungen und Literaturhinweise

Seite

- 27** das „pro Sekunde“ ist bereits in die Definition des Watt eingebaut. Andere Beispiele von Einheiten, die schon „pro Zeiteinheit“ eingebaut haben, sind Knoten – „unsere Yacht machte 10 Knoten“ (ein Knoten ist eine Seemeile pro Stunde); Hertz – „ich konnte ein Rauschen bei 50 Hertz hören (ein Hertz ist eine Frequenz mit einer Periode pro Sekunde); Ampere – „die Sicherung brennt durch, wenn der Strom höher als 13 Ampere ist“ (nicht 13 Ampere pro Sekunde!); oder die Pferdestärke PS – „diese stinkende Maschine macht 50 PS“ (nicht 50 PS pro Sekunde, nicht 50 PS pro Stunde, nicht 50 PS pro Tag, einfach 50 PS).
- 28** sagen Sie niemals „ein Kilowatt pro Sekunde“. Es gibt spezielle, seltene Ausnahmen von dieser Regel. Wenn von einem Zuwachs bei der Leistungsanforderung gesprochen wird, könnte man sagen: „Der britische Verbrauch steigt um 1 Gigawatt pro Jahr“. In Kapitel 26 diskutiere ich Fluktuationen in der Windleistung, ich könnte sagen: „Eines morgens brach die Leistung irischer Windmühlen mit einer Rate von 84 MW pro Stunde ein“. Also bitte Vorsicht! Schon ein zufälliger Versprecher kann zu Verwirrung führen: Ihr Stromzähler etwa misst in Kilowattstunden (kWh), nicht ‚Kilowatt-pro-Stunde‘

Ich stelle auf Seite 387 im Anhang eine Tabelle zur Verfügung, die beim Umrechnen von kWh pro Tag pro Person und den anderen Haupt-Maßeinheiten, in denen Leistungen diskutiert werden, hilft.