

Uwe Dankert

# Wie Sie Ihre Stromkosten spürbar senken

2. aktualisierte Auflage



Jeden Monat bares Geld sparen!

- ▶ Was verbraucht wie viel?
- ▶ Was verbraucht zu viel?
- ▶ Wie finde ich heimliche Stromfresser?

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Motivation zur persönlichen Stromeffizienz</b>	9
1.1	Wie Sie dieses Buch lesen können _____	15
<b>2</b>	<b>Schnell zum Erfolg – Die Checkliste für jedermann</b>	17
<b>3</b>	<b>Das Das-können-auch-Sie-Programm</b>	29
3.1	Strom und Werte _____	31
3.2	Die Liste aller Verbraucher _____	33
3.3	Verstehen und Verhalten _____	35
3.4	Neue Werte durch Einsparen _____	38
3.5	Eine kleine Geschichte um das Messen _____	40
3.6	Der schwierigste Schritt ist der erste? _____	41
3.7	Verhalten lässt sich üben und lernen _____	43
3.8	Langfristig geht alles immer besser _____	45
3.9	Geht noch mehr? _____	46
<b>4</b>	<b>Hintergründe zum Verständnis unseres Stromwirtschaftens</b>	47
4.1	Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge _____	48
4.2	Energieeffizienz – Suche nach mehr _____	61
4.3	Energieberatung – Wege zum Ziel _____	68
4.4	Energieverbrauch in einem Haushalt _____	73
4.5	Da sein, aber nichts tun – Das Stand-by-Fiasko _____	84
4.6	Energie und Verbraucherkraft _____	91
4.7	Energie und Zukunft – Neuere Beobachtungen _____	98

# Inhaltsverzeichnis

<b>5</b>	<b>Details zum Stromverbrauch</b>	101
5.1	Licht ins Dunkel gebracht _____	102
5.2	Nicht heißer essen, als gekocht wird _____	109
5.3	Alles ins Reine bringen _____	115
5.4	Gut gespült ist halb gewonnen _____	118
5.5	Unterhaltung ohne Schlummerschlaf _____	120
5.6	Betriebswirtschaftlicher Exkurs _____	122
5.7	Eine Kilowattstunde errechnet sich _____	128
5.8	Eine Kilowattstunde kostet _____	130
5.9	Technik zum Stromsparen _____	132
<b>6</b>	<b>Nützliches</b>	139
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	143

## 4 Hintergründe zum Verständnis unseres Stromwirtschaftens

**H**andle so, als ob die Maxime deiner Handlung durch deinen Willen zum allgemeinen Naturgesetze werden sollte.

*Immanuel Kant*

In diesem Kapitel präsentieren und diskutieren wir wichtige Informationen, die das Verstehen der Stromwirtschaft und des Stromwirtschaftens erleichtern sollen. Daraus möchten wir die Motivation ableiten, ein bisschen mehr über das eigene Verhalten nachzudenken und zu eigenen Schlussfolgerungen zu gelangen.

## 4.1 Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge

Um die Dinge ganz zu kennen, muss man um ihre Einzelheiten wissen.

*François VI. Duc de La Rochefoucauld*

Bei dem Thema „Energieerzeugung oder -herstellung“ halten Physiker schnell eine Gegenrede. Energie wurde in der Geschichte der Welt ein einziges Mal „erzeugt“, und das war beim Urknall. Ansonsten wird allenfalls eine Energieart erzeugt, Energie von einer Form also in eine andere umgewandelt. Energie bleibt in der Summe immer erhalten, was eines der fundamentalen Theoreme der Physik (Energieerhaltungssatz) ist. Dies gilt aber nicht für Energiearten. Bei den Umwandlungen entstehen auch „nicht gewünschte“ Energiearten (z. B. Verlustwärme), die der Mensch aus physikalischen, technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht weiter nutzen kann.

Das ist das Grundprinzip der Energiewirtschaft, oftmals verborgen durch ungewohnte Grafiken und Tabellen mit ungewöhnlichen Einheiten wie Pentajoule (PJ) oder Terawattstunden (TWh). Auch wir werden diese in späteren Abschnitten benutzen, denn sie sind sehr praktisch, weil sie Größenordnungen verkörpern, ohne die Zahlen durch zu viele Nullen „unhandlich“ zu machen.

### Vom Rohstoff zum Nutzen

Um wenigstens die wichtigsten Grundsätze und Prinzipien unserer Energiewirtschaft verstehen zu können, müssen wir uns klarmachen, was zwischen einem Rohstoff wie Kohle oder Uran und dem Einschalten einer Halogenlampe oder Glühbirne zum Lesen vorgeht. Dazu hilft es, die Begriffe Primär-, Se-

kundär-, End- und Nutzenergie einzuführen und zu verstehen (Abbildung 4.1–1). Diese bezeichnen jeweils einen bestimmten Energieträger in der Prozesskette von einem Energierohstoff bis zu einer für uns nutzbaren Energiedienstleistung.

Die Primärenergie entziehen wir den natürlichen Ressourcen, die uns entweder die Erde oder die Sonne zur Verfügung stellen. Je nach Reichhaltigkeit und Umwandlungseffizienz müssen wir diese Ressourcen aufwendig gewinnen – durch Hochtechnik zum Abbau von Kohle und Uran in zum Teil über 1.000 m tiefen Bergwerken oder indem wir uns in Geduld üben, bis ein Wind naht oder die Sonne endlich durch die Wolken bricht und Windturbinen oder Solarzellen betreiben. Natürlich kann durch eine intelligente Standortplanung die erforderliche Geduld in Maßen gehalten werden.

Kraftwerke besorgen die erste Umwandlungsstufe, damit die Energie in eine für uns verträgliche und nutzbare Form transformiert wird. Es ist viel einfacher und sicherer, zu uns Endverbrauchern einen Strom zu trans-

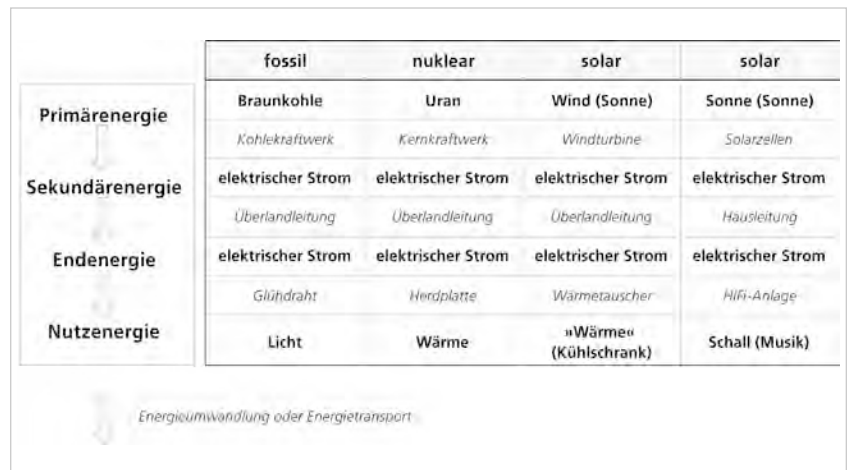


Abbildung 4.1–1: Stromenergiekette von Herstellung bis Verbrauch

## 4.1 Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge

portieren als beispielsweise die Kohle selbst. Und eine zentrale Umwandlung hat eindeutig Skaleneffekte, die in einer dezentralen Umwandlung (Kohleöfen in jedem Haushalt mit Mini-Turbinenantrieb zur Stromgewinnung) nicht auszuschöpfen sind. Dies mag sich durch die vermutlich sinnvolle und höchst innovative Einführung von dezentralen Brennstoffzellenkraftwerkchen in vielen Häusern oder privaten Solaranlagen auf unseren Hausdächern wieder drehen, aber das ist noch Zukunftsmusik.

### Umwandlungsprozesse drehen Turbinen

Umgewandelt wird im Prinzip einfach: Kohle oder auch Gas wird verbrannt, die heißen Gase, über einen Wärmetauscher geleitet, treiben eine Turbine mechanisch an, diese dreht einen Elektromotor und erzeugt in den angeschlossenen Leitungen aufgrund der Faradayschen Induktionsprozesse in bewegten magnetischen und elektrischen Feldern einen Wechselstrom.

Kernbrennstoffe werden nicht verbrannt, sondern zerfallen bzw. werden gezielt gespalten und erzeugen dabei einen Teilchenstrom, der in einem Kühlmittel abgebremst wird und dieses dabei erwärmt. Hier handelt es sich also um eine Umwandlung von nuklearer Bindungsenergie im Atomkern in eine kinetische Energie von Kernteilchen und den anschließenden Transfer dieser kinetischen Energie in eine kinetische Energie einer Flüssigkeit. Das „Kühlmittel“ sorgt dann wiederum, heiß und über einen Wärmetauscher geleitet, für den Antrieb einer mechanischen Turbine in einem Elektromotor.

Wind dreht einen Rotor, der eine Turbine dreht, in einem Elektromotor ...

Solarzellen arbeiten etwas eleganter, weil sie die Sonnenstrahlung direkt in elektrischen Strom umwandeln. Dazu werden Halbleiterprozesse innerhalb der Solarzellen benutzt, leider bislang mit einem niedrige-

ren Wirkungsgrad als in den anderen Prozessen. Positive Effekte gibt es natürlich, weil Solaranlagen sehr effizient und leicht dezentral auf Hausdächern installiert werden können, was natürlich Transportverluste vermeidet und eine potenzielle Verletzbarkeit einer zentralisierten Stromerzeugung zu reduzieren hilft.

Der Transport des Stroms von einem Großkraftwerk zu den Endverbrauchern erfolgt über Hochspannungsleitungen. Das ist eigentlich auch wieder eine Energieumwandlung, allerdings jetzt von elektrischer Energie zu elektrischer Energie, um die Transportverluste zu minimieren. Je kleiner die Stromstärke auf einer Leitung, desto geringer fallen auch die Ohmschen Verluste aus (Umwandlung der elektrischen Energie in unerwünschte, nicht weiter nutzbare Wärme). Die elektrische Leistung setzt sich aber aus den beiden Anteilen *Stromstärke* und *Spannung* zusammen. Wenn also die Potenzialdifferenz eines Leiters zur Erde massiv erhöht wird, reduziert sich bei gleichbleibender elektrischer Energie die Stromstärke. Durch diesen Trick gelingt es im Wesentlichen, die gleiche elektrische Energie von einem Ort zum anderen zu transportieren, weil die Wegverluste aufgrund der kleineren Stromstärken minimal bleiben.

Dezentrale Solarzellen sind dezentral installiert und können damit sehr nah an den Verbrauchern platziert sein.

Diese Prozessschritte ein bisschen zu kennen und zu verstehen hilft, den Wirkungsgrad bei der Herstellung von Energiearten zu verstehen, also bei der Umwandlung von einer Energieart in eine andere. Das beleuchten wir im nächsten Kapitel.

Darüber hinaus sind sie aber auch für das Gesamtverständnis der Energiewirtschaft von Bedeutung. Außerdem fallen dazu noch einige andere Fragen ein, deren Beantwortung uns etwas tiefer in die Zahlenarithmetik der Energiewirtschaft eintauchen lassen.

# 4.1 Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge

**Wo kommt unsere Energie her und wie viel benötigen wir?**

Dies ist die Frage nach der Primärenergie und ihrer Aufteilung auf die Rohstoffe. Damit legt sich sofort offen,

wie groß nach wie vor unsere Abhängigkeit von fossilen Energiequellen und wie gering bislang der Beitrag regenerativer Energie zu unserer Gesamtversorgung ist.

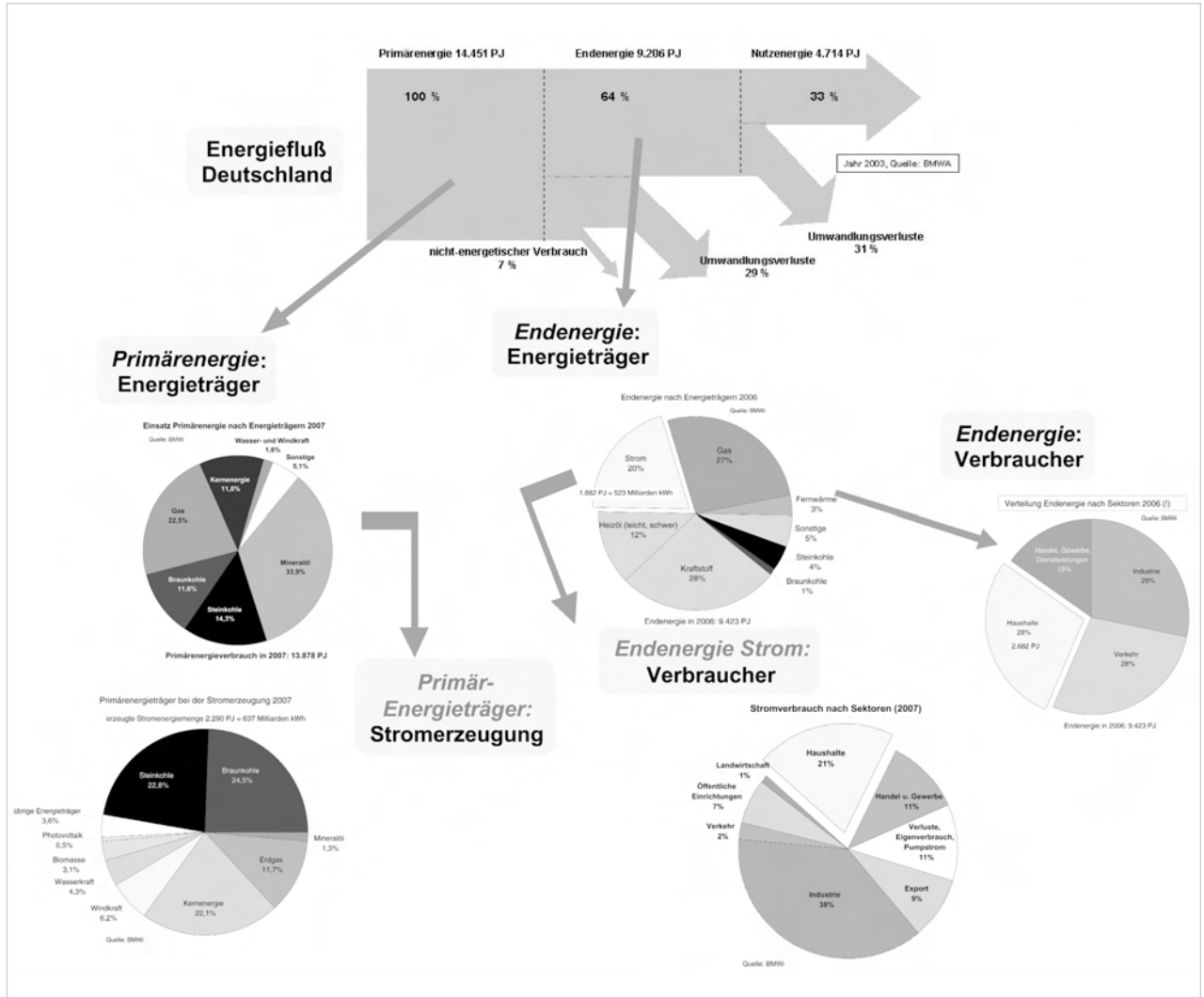


Abbildung 4.1–2: Übersicht über die in diesem Abschnitt erläuterten Grafiken und ihr Zusammenhang

## 4.1 Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge

### Wie viel Energie kommt bei uns an und wo bleibt die Energie, die nicht ankommt?

Energie sparen bedeutet ökologisch, den Verbrauch der Primärenergie zu reduzieren. Prinzipiell geht das über zwei Wege: den Verbrauch der Endenergie zu vermindern oder die Effizienz der Energiebereitstellung zu erhöhen (vgl. auch Abschnitt 4.2 „Energieeffizienz – Suche nach mehr“).

### Wer in Deutschland verbraucht wie viel Energie?

Maßnahmen der Umweltpolitik müssen zielgruppen-gerecht adressiert werden. Das setzt natürlich die Kenntnis um die Zielgruppen voraus. Für die Zielgruppen selbst ist die Kenntnis um ihre Macht wichtig, weil so verstanden werden kann, welche Hebel für Veränderungen man hat.

### Aus welchen Energieträgern wird Strom hergestellt und wie hoch ist der Anteil des Stroms an der Gesamtenergie in Deutschland?

Die bisherigen Fragen haben sich mit Energie allgemein beschäftigt, zwei weitere Fragen zeigen quantitativ und qualitativ das Thema Strom im Gesamtenergiezusammenhang. Stromverbrauch zu vermindern, bedeutet Schadstoffemissionen zu vermindern, regenerative Quellen aufzubauen, bedeutet Zukunftssicherheit, Unabhängigkeit und Reduktion von für alle schädlichen Emissionen.

### Wer sind die Verbraucher des Stroms?

Das Thema Zielgruppe lässt uns nicht los, weil auch hier schnell deutlich werden kann, wo in den öffentlichen Diskussionen und Entscheidungen Defizite vorhanden sind.

Umfangreiches Zahlenmaterial zu all diesen Fragen wird in Deutschland von unterschiedlichen Quellen bereitgestellt, zum Teil leider nicht synchron in Bezug auf den Erfassungszeitraum. Eine gute Zusammenstellung

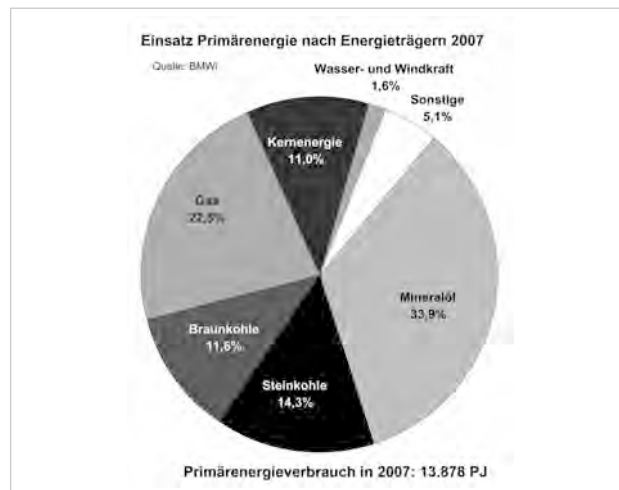


Abbildung 4.1–3: Aufteilung der Primärenergie in Deutschland nach Energieträgern (2007)

der wichtigsten Kenndaten wird regelmäßig vom Bundesministerium für Wirtschaft BMWi veröffentlicht. Wir beziehen die nachfolgenden Grafiken und Zahlen auf das Jahr 2006 und zum Teil schon auf 2007 und diese Quelle für die Rohdaten in Tabellenform. Gegebenenfalls merken wir an, wenn die Datenquelle eine andere ist. Wir haben daher zwar die jeweils aktuellsten Zahlen genommen, um möglichst gegenwartsnah zu bleiben. Allerdings ist dies etwas durch den Preis einer leichten Inkonsistenz erkauft. Bei den Diagrammen sind die Zeiträume jeweils notiert.

### Wo kommt unsere Energie her und wie viel verbrauchen wir?

Ausgangspunkt der Energiewirtschaft sind die Rohstoffe, aus denen wir unsere Primärenergie beziehen. 2007 waren das in Summe 13.878 PJ, und allen Diskussionen über begrenzte Ressourcen und steigende Öl- und Erdgaspreise zum Trotz wurden 82 % aus den fossilen Rohstoffen Gas, Kohle und Öl erzeugt



## 4.1 Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge

(Abbildung 4.1–3). Die Kernenergie, die zum Gesamtenergieverbrauch etwa 11 % beiträgt, wird ja nur für die Stromerzeugung hergenommen. Fossile Primärenergieträger tragen zu ganz unterschiedlichen Sekundär- und Endenergieträgern bei (z. B. Strom, Wärme, Kraftstoffe). Leider ist der Anteil der regenerativen Energiequellen am Primärenergiebedarf in Deutschland nach wie vor recht gering (5,7 %).

1 Gramm Wasser von 15 °C auf 100 °C zu erwärmen benötigt etwa 360 Joule. Mit der in Deutschland benötigten Primärenergie könnte man also theoretisch etwa 40 Milliarden Tonnen Wasser zum Kochen bringen. Das ginge natürlich nur, wenn die gesamte Primärenergie ins Kochwasser gesteckt werden könnte, also ohne Umwandlungsverluste.

Der Bodensee enthält ungefähr eine Wassermenge von 48,5 km<sup>3</sup> (<http://de.wikipedia.org/wiki/Bodensee>), das entspricht auch ungefähr 48,5 Milliarden Tonnen Gewicht. Mit der Primärenergie pro Jahr kann also ein „etwas kleinerer“ Bodensee jedes Jahr zum Kochen gebracht werden.

### Wie viel Energie kommt bei uns an?

Dass das aber nicht geht, zeigt der Energiefluss in Deutschland (Abbildung 4.1–4). Von der Primärenergie können 64 % als Endenergie den Nutzern zur Verfügung gestellt werden, 29 % gehen als Umwandlungsverluste verloren (vgl. Abschnitt 4.2), oder werden, nicht für Energiezwecke gebraucht (7 %, zum Beispiel durch die Herstellung von Asphalt aus Öl und Kohle). Auch diese Endenergie kann nur zum Teil genutzt werden, 33 % der Primärenergie kommen bei den Verbrauchern

als Nutzenergie an. Wenn wir bei dem Bild des Wassers bleiben, könnten damit immerhin noch 13 Milliarden Tonnen Wasser (33 % von 40 Milliarden Tonnen) zum Kochen gebracht werden. Das entspricht ungefähr dem schweizerischen Anteil des Bodensees.

### Wer in Deutschland verbraucht wie viel Energie?

In Deutschland werden vier große Verbrauchssektoren im Endenergieverbrauch gemessen (Abbildung 4.1–5), die Haushalte (ohne den Privatverkehr) verbrauchen ein knappes Drittel der Endenergie (2.764 PJ), der Verkehr ein weiteres knappes Drittel (28 %), den Rest die Wirtschaft (Industrie und Handel, Gewerbe, Dienstleistungen).

### Aus welchen Energieträgern wird Strom hergestellt?

Die Herstellung von Strom benötigt in Deutschland fast 40 % aller Primärenergieträger (5.813 PJ in 2006). Das verdeutlicht den Stand der Elektrifizierung unseres Landes. Die anderen Anteile der Primärenergie werden im Wesentlichen für die Erzeugung von Wärme und die

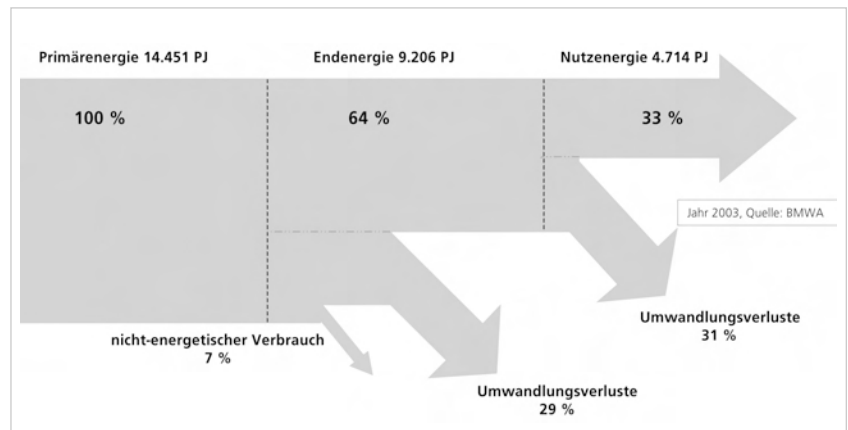


Abbildung 4.1–4: Vereinfachtes Energieflussdiagramm für Deutschland 2003

## 4.1 Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge

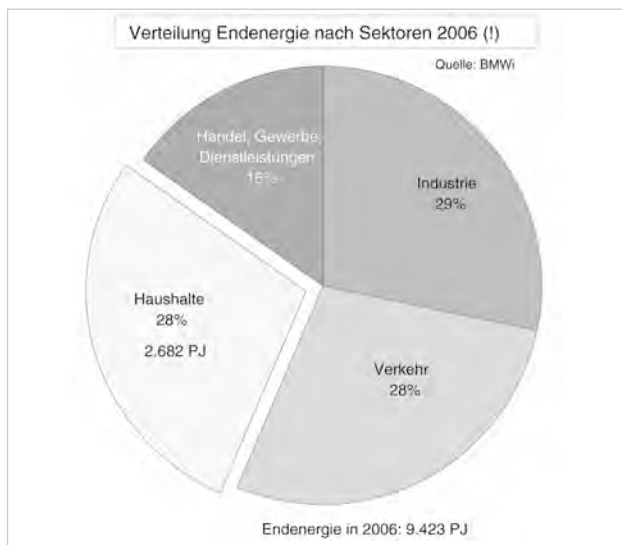


Abbildung 4.1–5: Aufteilung der Endenergie auf die Verbrauchssektoren 2006

Bereitstellung von Kraftstoffen für den Verkehr herangezogen.

Etwas mehr als ein Fünftel unseres Stroms wird derzeit in Kernkraftwerken erzeugt (vgl. Abbildung 4.1–6), fast zwei Drittel (64 %) durch das Verbrennen fossiler Rohstoffe und 14 % durch regenerative Energieträger wie Wasser und Wind. Damit wird klar, dass die politische Entscheidung, aus der Kernenergie auszusteigen, große Herausforderungen an die Wahl der ökologisch vorteilhafteren regenerativen Primärenergieträger stellt, aber auch an den Verbrauch und die Effizienz des Verbrauchs.

An dieser Stelle wollen wir vermerken, dass die Angabe des Anteils regenerativer Energien an der Primärenergieversorgung für die Stromerzeugung (9 %) zwar oft hochge-

halten und damit ihr Anteil kleingeredet, aber nicht richtig verstanden wird. Es ist nämlich wichtig zu wissen, dass der Transfer regenerativer Primärenergie in Endenergie im Wesentlichen nur mit Transportverlusten, nicht aber mit Umwandlungsineffizienzen belastet wird. Wichtiger ist daher der Anteil der regenerativen Energieträger an der Stromenergie (Endenergie) mit in 2007 bereits 14 %. Das kann sich schon eher sehen lassen!

Der Anteil der Stromenergie von 40 % an der Primärenergieerzeugung sinkt übrigens bei der Endenergie auf nur noch 20 % (siehe Abbildung 4.1–7), er halbiert sich also nahezu. Das liegt prinzipiell an zwei Fakten: Zum einen am hohen Anteil von Verbrennungsprozessen, um Strom zu erzeugen, zum anderen am physikalisch begrenzten thermodynamischen Wirkungsgrad dieser Prozesse.

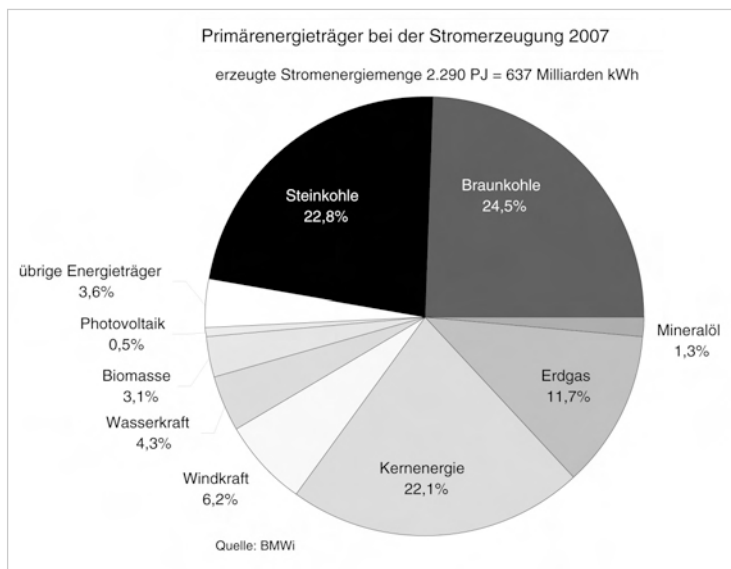


Abbildung 4.1–6: Einsatz der Primärenergieträger bei der Stromerzeugung 2007.

## 4.1 Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge

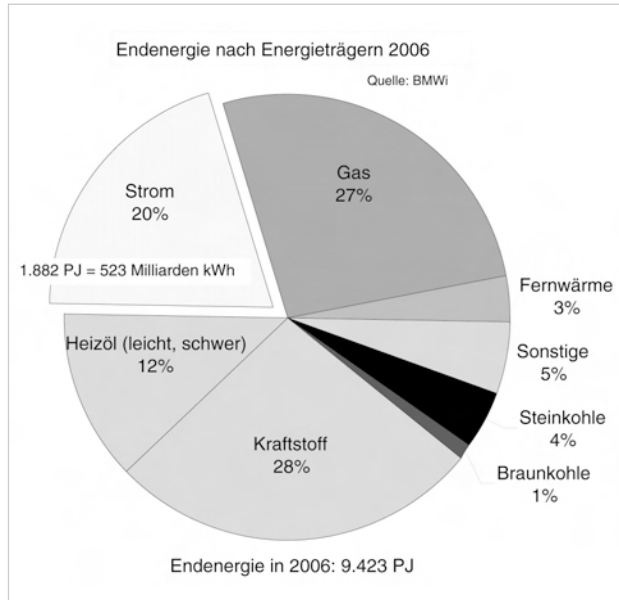


Abbildung 4.1-7: Aufteilung der Energieträger auf die Endenergie

Oder kurz: Mehr geht (fast) nicht.

Wir können das auch anders ausdrücken: Die meisten Umwandlungsverluste von der gesamten Primär- zur gesamten Endenergie fallen bei der Erzeugung von Strom an, obwohl in der Primärenergie nur ein Drittel für die Stromgewinnung eingesetzt wird.

Wagen wir einen tieferen Blick in die Ausnutzung regenerativer Energiequellen, die ein wesentliches Kernelement der derzeitigen Umweltpolitik darstellt und erfreulicherweise einem rasanten Ausbau unterworfen ist (Abbildung 4.1-8).

Wie gleich deutlich wird, stellen Wasser- und Windkraft den Löwenanteil in der regenerativen Stromerzeugung, allerdings mit ebenso deutlich unterschiedlichen Kapazitäten. Windenergiekapazitäten sind in Deutschland mittlerweile weltweit führend vorhanden und übertreffen die Wasserkraftkapazitäten um mehr als einen Faktor 4, die Stromerzeugung hinkt aber relativ gesehen nach. Das ist ein anderes Zeichen dafür, dass Wind eben nicht immer zur Verfügung steht.

Man sollte aber bedenken, dass die Wasserkraft zwei grundsätzlich unterschiedliche Zielsetzungen hat: zum einen die permanente Stromerzeugung (die klassischen „Wassermühlen“), zum anderen aber Pumpspeicherwerke, in die zum Teil durch Strom erst ein Speicherpotenzial hineingepumpt wird, um kurzfristigen Spitzenbedarf zu decken. Außerdem stagniert der Anteil des durch Wasserkraft erzeugten Stroms in Deutschland seit einigen Jahren, alle abschöpfbaren Wasserreservoirs werden bereits abgeschöpft und beim

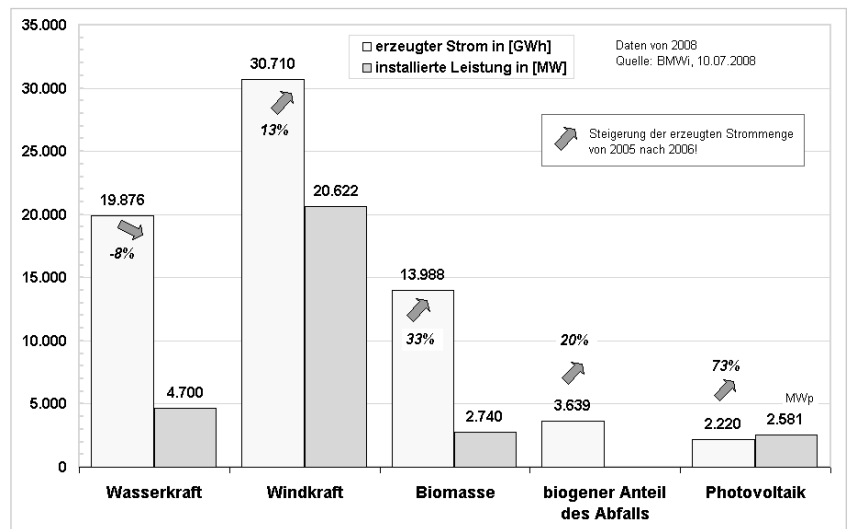


Abbildung 4.1-8: Stand der regenerativen Stromerzeugung in Deutschland 2005/2006

## 4.1 Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge

Wind zeichnet sich etwas Ähnliches eventuell bald ab, es sei denn, die Offshore-Überlegungen können technologisch und wirtschaftlich (und politisch) umgesetzt werden.

Die Photovoltaik spielt im Moment noch keine große Rolle und beginnt erst eine hoffentlich stürmische technologische Entwicklung. Hier können natürlich staatlich initiierte und geförderte Investitionsprogramme eine starke Inkubatorenfunktion erfüllen. Zu viel sollte man sich aber nicht von Solarzellen auf Hausdächern in Deutschland in den nächsten zehn Jahren erwarten (vgl. 4.2 „Energieeffizienz – Suche nach mehr“).

In der Summe hat die regenerative Stromerzeugung 2007 bereits einen Anteil von 14 % an der Gesamtstromerzeugung erreicht. In Abbildung 4.1–8 haben wir die Steigerungsraten in der produzierten Strommenge dargestellt im Vergleich der Jahre 2006 und 2005. Wie man sieht, gab es bei der Windenergie mit 13 % Wachstum noch eine gewisse Dynamik, die größte natürlich bei der Photovoltaik, wenn auch auf niedrigerem absoluten Niveau im Vergleich zu anderen Energieträgern.

Wer also sonst kann die Zurücknahme nuklear erzeugten Stroms kompensieren?

### Wer sind die Verbraucher des Stroms?

Ähnlich wie bei der Gesamtenergie sind wir Verbraucher als Konsumenten der Endenergie Strom deutlich

vertreten. In 2007 wurden 21 % des Stromverbrauchs den Haushalten direkt zugeschrieben (Abbildung 4.1–9). Insgesamt sind 2007 681 TWh Strom (Endenergie) erzeugt worden. Davon werden etwa 9 % exportiert (allerdings ein ähnlich großer Anteil wieder importiert im Rahmen des europäischen Stromverbundes),

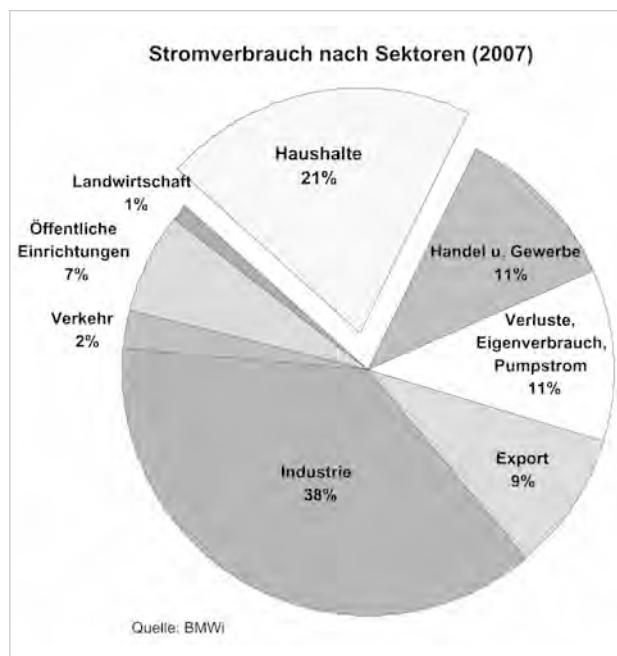


Abbildung 4.1–9: Stromverbrauch in % nach Sektoren (Datenbasis 2007)

Tabelle 4.1–1: Bei der Herstellung von Strom erzeugte Abgase. Berücksichtigt ist nur der Anteil der Haushalte (etwa 21 % des Gesamtstroms)

Gas	chem.	Jährliche Menge	pro Kopf
Kohlendioxid	CO <sub>2</sub>	75.000.000 Tonnen	904 kg
Stickoxide	NO <sub>x</sub>	26.000 Tonnen	0,3 kg
Schwefeloxide	SO <sub>x</sub>	54.000 Tonnen	0,7 kg

## 4.1 Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge

ungefähr 11 % fallen auf Grund von Verlusten (Transport), Eigenverbrauch und Pumpstromverbrauch aus der für Verbraucher nutzbaren Endenergiebilanz heraus.

2007 haben die Haushalte in Deutschland 140,5 Milliarden kWh Strom nachgefragt. Die Industrie verbraucht fast mehr als das Doppelte, allerdings sind dort schon vielerorts energie- und stromsparende Maßnahmen zumindest auf der Agenda.

### Energieverbrauch und Umwelt

*Die Umweltschädlichkeit des Energieverbrauchs ist nicht die Umweltschädlichkeit der Energie. Die Energieströme, die der Mensch freisetzt, sind ökologisch nur marginal von Bedeutung. Das Problem sind die Stoffströme, die bei der Beschaffung und Anwendung der Energie fließen müssen ([MIPS1994]).*

Wir sagen leichthin „Energieverbrauch“, wir meinen aber, dass wir die Energie benötigen. Es wäre also richtiger, von Energiebenötigung zu sprechen, was die Probleme, die damit verbunden sind, deutlicher akzentuiert. Denn wir nötigen unserer Umwelt und damit letztendlich auch uns selbst eine ganze Menge ab, indem wir Energie verbrauchen.

Abbildung 4.1–6 macht deutlich, dass wir immer noch mitten im fossilen Zeitalter leben, weil für ungefähr 2/3 des Stroms fossile Rohstoffe wie Braun- und Steinkohle verbrannt werden. Nun ist Verbrennen nicht nur laut und gefährlich, weswegen wir es im Wesentlichen in Großkraftwerken verdichtet haben. Es entstehen bedauerlicherweise auch verschiedene Abgase als Abfallprodukte, die in die Atmosphäre entweichen oder in Filtern aufgefangen werden (siehe Tabelle 4.1-1).

Kohlendioxid ist ein Gas und kein fester Stoff, der auf einem Schrottplatz gelagert werden kann. Die gesamte Gasmenge, die im Jahr 2003 bei der Stromerzeugung erzeugt wurde (270 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>),

**Tabelle 4.1–2:** Kennzahlen für den jährlichen Stromverbrauch in Deutschland

<b>Stromverbrauch pro Bewohner</b>	6.538 kWh
<b>Persönlicher Stromverbrauch pro Bewohner</b>	1.680 kWh
<b>Stromverbrauch pro Haushalt</b>	3.590 kWh
<b>Haushalts-Stromverbrauch pro m<sup>2</sup> Wohnfläche</b>	42 kWh

nehmen unter Normalbedingungen ein Volumen von etwa 144 Teralitern (144 Tl) ein. Da die Bundesrepublik Deutschland eine Fläche von 357.000 km<sup>2</sup> überdeckt, würde die emittierte Kohlendioxidmenge die gesamte Bundesrepublik etwa 40 cm hoch bedecken, ohne ein Sauerstoffmolekül dazwischen zum Atmen. Kohlendioxid lässt sich nicht atmen, und die klimatischen Änderungen daraus scheinen langsam frappant zu werden. Außerdem wäre, wenn das Gas unten bliebe, nach fünf Jahren etwa Schluss mit Atmen!

### Kennen Sie Ihre Kennzahl?

Zum Allgemeinwissen in Deutschland gehört nicht das Wissen um den persönlichen Energie- und Stromverbrauch. Dabei könnte dies für uns alle eine erste Näherung für einen Schlüsselfaktor (key performance indicator – KPI) sein, der das eigene Verhalten einschätzen und bewerten lässt.

Die erste Zahl (für das Jahr 2002) wurde im Januar 2005 beispielsweise in der Süddeutschen Zeitung veröffentlicht (11.1.2005) und sagt im Grunde genommen fast gar nichts aus, sondern stellt nur in einer anderen Dimension den Gesamtstromverbrauch der Volkswirtschaft Deutschland dar. Sie bezieht sich aber auf jeden von uns (pro Bewohner), kann also leicht zu Verwirrung führen, vor allen Dingen, wenn die Über-

## 4.1 Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge

schrift des Kurzartikels „Mittlerer Stromverbrauch“ heißt und im Artikel von „*Im Durchschnitt benötigte jeder Bundesbürger pro Jahr 6.538 Kilowattstunden*“ gesprochen wird. Das ist dann sogar bewusst irreführend und eine Zeitung muss sich die Frage gefallen lassen, ob das nur Nichtwissen, Unverständnis der Materie Energiewirtschaft, Nachlässigkeit der Berichterstattung oder bewusstes auf den Leimgehen eines Interessenverbands ist.

Die zweite Kennzahl, „persönlicher Stromverbrauch pro Bewohner“, ist für uns viel aussagekräftiger, weil sie unser durchschnittliches Verhalten widerspiegelt, allerdings das aller, vom Neugeborenen bis zum Rentner. Ist das hilfreich? Höchstens in der ersten Näherung.

Der Stromverbrauch pro Haushalt hilft schon mehr, da muss man schon nicht mehr rechnen, sondern kann direkt mit dem eigenen Verbrauch aus der Jahresendabrechnung des Energieversorgers vergleichen. Mehr? Weniger? Wir müssen noch die Anzahl der Personen, die Anzahl der elektrischen Geräte, ihren Benutzungsgrad, die Anzahl der Zimmer usw. berücksichtigen. Aber immerhin, das ist schon eine Vergleichszahl, die einen ersten Hinweis gibt und die man so schnell nicht findet.

Ebenso verhält es sich mit der letzten Kennzahl, die auf Flächeneinheiten von Wohnungen herunterbricht (nicht auf die Gesamtfläche aller Gebäude in Deutschland) und damit im Prinzip auch die zunehmende Ausstattung mit elektrischen Geräten bei größer werdenden Wohnungen und Häusern berücksichtigt.

Aber genau wissen wir das erst, wenn wir weitere Betrachtungen detaillieren.

Zur Vervollständigung stellen wir auch noch den Gesamtendenergieverbrauch inklusive Stromverbrauch dar (Tabelle 4.1-3).

### Kilowattstunde oder Joule oder Steinkohleeinheit oder Watt?

Bis jetzt haben wir die Energieeinheiten einfach so benutzt, ohne im Detail darauf einzugehen, was sie bedeuten und wie sie zusammenhängen. Wir müssen daher eine kleine Lerneinheit in physikalischen Einheiten und mathematischen Hilfsabkürzungen nachziehen.

Stromenergie wird in Kilowattstunden (kWh) gemessen. Die Energie 1 kWh entspricht einer elektrischen Leistung von 1.000 Watt (z. B. ein Fön), die eine Stunde lang mittels Strom als Dienstleistung (Haare trocknen) bereitgestellt wird.

Ihr Energieversorgungsunternehmen wird in der jährlichen Abrechnung den Verbrauch in Kilowattstunden angeben.

### Gibt es Kilowatt nur auf Sylt und an der Nordsee?

In der Einheit kWh steckt implizit der Begriff der *Leistung*. Die Leistung 1 Watt vollbringt man, wenn man eine Masse von 1 kg (einen Liter Milch) einmal pro Sekunde um etwa 10 cm anhebt. Eine Leistung ist notwendig, weil sich die Energie der Masse beim Hochheben ändert. Infolgedessen ist Leistung mit Energieänderung pro Zeiteinheit identisch.

**Tabelle 4.1–3:** Kennzahlen für den jährlichen Endenergieverbrauch in Deutschland

<b>Energieverbrauch pro Bewohner</b>	30.830 kWh
<b>Persönlicher Energieverbrauch pro Bewohner</b>	9.260 kWh
<b>Energieverbrauch pro Haushalt</b>	19.800 kWh
<b>Haushalts-Energieverbrauch pro m<sup>2</sup> Wohnfläche</b>	230 kWh

## 4.1 Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge

In der Physik und in der Technik ist es eigentlich üblicher, mit der Energieeinheit *Joule* nach dem englischen Physiker *James Prescott Joule (1818-1889)* zu rechnen. Watt ist nach *James Watt (1736-1819)* benannt, der die Dampfmaschine mit externem Kondensator erfunden hat.

1 Joule sind 1 Wattsekunde (Ws) und umgekehrt: 1 Watt sind 1 Joule pro Sekunde. 3.600 Wattsekunden sind eine Wattstunde (1 Stunde hat 3.600 Sekunden). 1 kWh sind also 1.000 Wh und damit:

$$1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ Wh} = 1.000 * 3.600 \text{ Ws} = 3.600.000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ.}$$

MJ steht in diesem Zusammenhang für Megajoule. Sind Sie mit diesen Skalierungsgrößen vertraut?

Sie dienen dazu, den Umgang mit großen und kleinen Zahlen übersichtlicher zu machen und Dreierpotenzen von Zehn effizient abzukürzen.

Wichtig im Umfeld der Energiewirtschaft sind die in Tabelle 4.1-4 aufgelisteten Skalierungsfaktoren.

Eine Energieänderung wird auch mit dem Begriff *Arbeit* bezeichnet, weil bei Energieänderungen immer auch eine Energieumwandlung verbunden ist, z. B. von

chemischer Energie (im Benzin enthalten) in mechanische Energie (der Motor treibt die Autoräder an und das Auto bewegt sich nach vorn) und Wärmeenergie (Motor und Abgase werden erheblich erwärmt). Die gewonnene mechanische Energie kann Arbeit verrichten (das Auto voran treiben). Die ursprüngliche Energie stellt also eine Dienst„leistung“ zur Verfügung.

### Bewegte Elektronen bewegen Maschinen und machen träge

Das ist auch das, was wir im Haushalt von den Energieträgern Strom und Gas erwarten: dass sie uns eine Dienstleistung zur Verfügung stellen, die wir anders nur mühsamer oder gar nicht erbringen könnten. Ein schönes Beispiel ist ein Wäschetrockner: füllen, Programm wählen und Schalter auf „Ein“ stellen, dagegen Wäscheständer aufstellen, Klammerbeutel holen, Wäschestücke aufhängen und Wäsche nach dem Trocknen wieder abhängen – 3 Minuten gegen 30 Minuten. Luxus pur? Das hängt von den eigenen Werten ab.

Wir sind aber schon beim Wesentlichen. Der Energieträger Strom wird benutzt, um sinnvolle, nutzbare Dinge zu tun, Arbeit zu leisten und damit unser Leben zu vereinfachen.

Tabelle 4.1-4: Übersicht über Abkürzungen für Größenordnungen

<u>Vorsilbe</u>	<u>Faktor als Zahl</u>	<u>Beispiel</u>
Peta P	1.000.000.000.000.000	Sonneneinstrahlung Erde 10 PW
Tera T	1.000.000.000.000	Stromerzeugung Deutschland 550 TWh
Giga G	1.000.000.000	Leistung eines Kernkraftwerks 1,3 GW
Mega M	1.000.000	Leistung einer Windenergieanlage 1-3 MW
Kilo k	1.000	Kilowattstunde kWh
-	1	Leistung eines Fahrradlichts 2,4 W
Milli m	0,001	Leistung einer LED 1 mW

## 4.1 Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge

### Regeneratives Denken statt fossile Traditionen

Zum Schluss noch zur Steinkohleeinheit, mit der viele amtliche Statistiken versehen werden, weil sie zum einen historisch ist und zum anderen Größenordnungen verdeckt und damit handhabbarer erscheint. Zwei Drittel unseres Stroms werden nach wie vor in Kohlekraftwerken erzeugt. Da liegt es natürlich nahe, den sich auf ein Kilogramm beziehenden Energiegehalt als Einheit zu verwenden.

1 kg SKE (Steinkohleeinheit) = 8,14 kWh = 29,3 MJ (MegaJoule)

Wenn wir also von Tonnen SKE sprechen, reden wir eigentlich von Megawattstunden (1 Tonne = 1.000 kg; 1 MWh = 1.000 kWh). Vermutlich wäre es an der Zeit, die Zeitenwende in der Energieerzeugung durch den Gebrauch neuerer Energieeinheiten zumindest metaphorisch mit vorzubereiten. Wie wäre es mit einer Solarzelleneinheit SZE (= 120 kWh: Stromenergie, die pro Quadratmeter Kollektorfläche heute in Deutschland jährlich geerntet werden kann), einer Windenergieeinheit WEE (= 72.000 kWh: Stromenergie, die pro Tag von einem 5 MW Windrotor bei 60 % Auslastung geerntet werden kann) oder einer Stromspareinheit

SSE (= 36 kWh: 1 % des durchschnittlichen Haushaltsjahresverbrauchs)?

Die verschiedenen Umrechnungen fassen wir in Tabelle 4.1-5 noch einmal zusammen.

Beispiel 1: 1 kJ = 0,000278kWh

Beispiel 2: 1 kWh = 3.600 kJ

### Kilowattstunden und Kilowerte – Energie ist Leben und Staunen

Zum Abschluss dieses Kapitels mit einigen Zahlen, mathematischen Vorsilben und physikalischen Umrechnungsfaktoren noch etwas Handfestes: Welche Werte lassen sich mit einer Kilowattstunde Stromenergie erschließen? Das kann man mit den obigen Tabellen und einigen weiteren Fakten alles nachrechnen (die Detailrechnungen haben wir in den Abschnitt 5.7 „Eine Kilowattstunde errechnet sich“ verbannt). Oder man sucht sich seine Werte in den beiden Abbildungen auf der nächsten Seite.

Ganz unterschiedliche Energiedienstleistungen in sehr unterschiedlichen Größenordnungen lassen sich mit einer Kilowattstunde genießen: von 1,2 km Autofahrt über 32 Kaffee zum Frühstück bis hin zu 2.500 täglichen Rasuren (das sind 6 Jahre und 10 Monate).

Tabelle 4.1–5: Umrechnung der üblichen Energieeinheiten

		NACH			
		1 kJ	1 kWh	1 kg SKE	1 kcal
VON	1 kJ	1	0,000278	0,0000341	0,2388
	1 kWh	3.600	1	0,123	859,845
	1 kg SKE	29.300	8,139	1	6.990
	1 kcal	4,1868	0,00116	0,000143	1



# 4.1 Energieherstellung und Strom – die Zusammenhänge

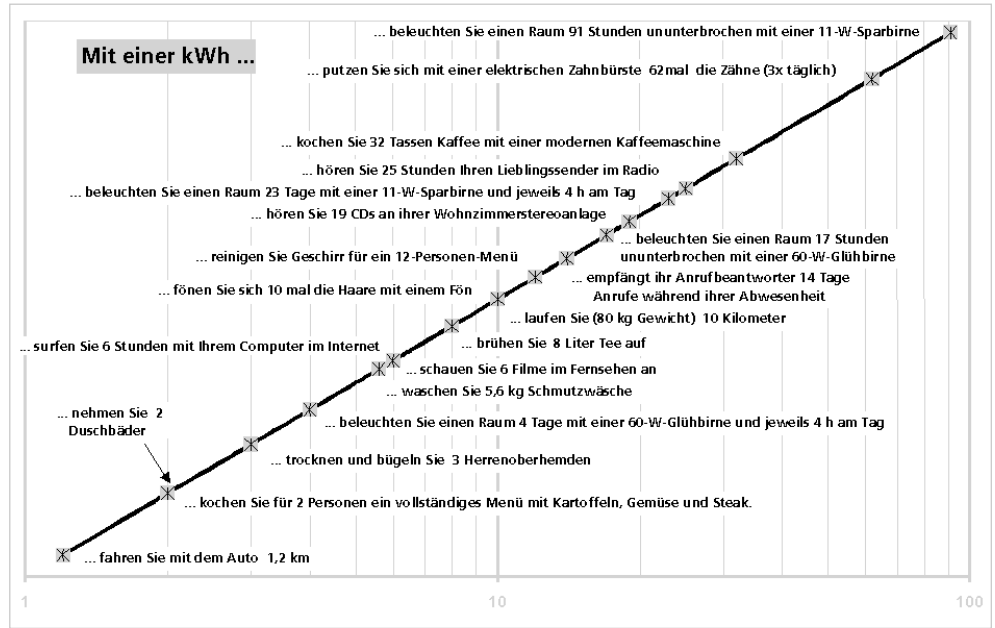


Abbildung 4.1-10: Eine Kilowattstunde leistet ... Teil 1

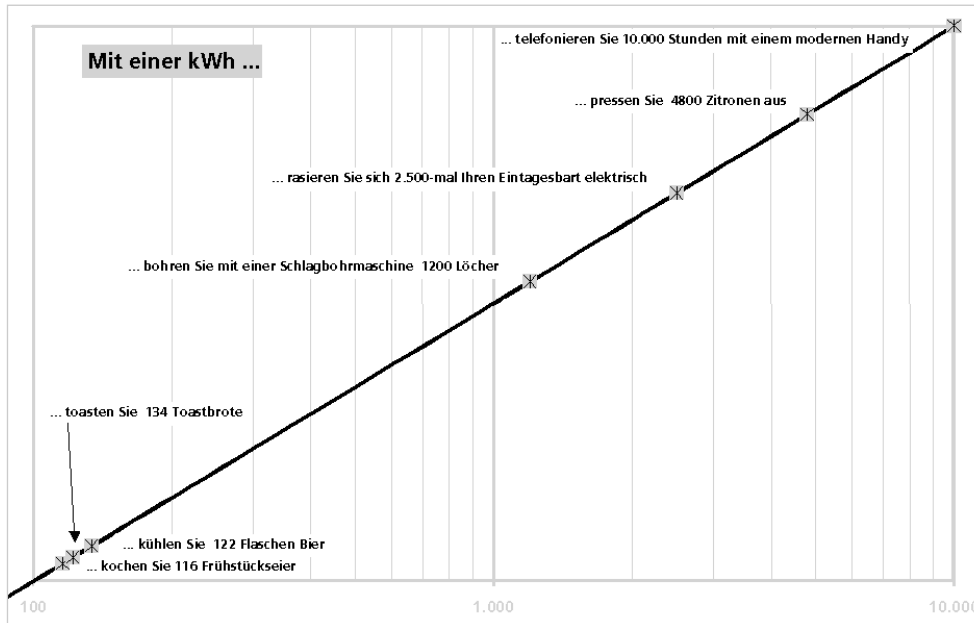


Abbildung 4.1-11: Eine Kilowattstunde leistet ... Teil 2

## 4.2 Energieeffizienz – Suche nach mehr

**W**er aufhört besser zu werden,  
hat aufgehört gut zu sein!  
*Philipp Rosenthal*

Der Begriff der Effizienz führt das ökonomische und ökologische Denken in die Energieversorgung ein. Damit kann festgehalten werden, mit welchem Aufwand welcher Nutzen geschaffen werden kann, welche Faktorkosten also aufzubringen sind, um eine Energieeinheit für Dienstleistungszwecke zu gewinnen. Damit legt die Effizienz indirekt auch fest, wie viele Schadstoffe in der Energieumwandlung miterzeugt werden. Je effizienter eine Energieumwandlungstechnologie arbeitet, desto geringer ist die Schadstoffmenge, die an eine Einheit Endenergie/Nutzenergie gekoppelt ist.

Der energetische Kreislauf besteht, wie gesehen, aus Energieumwandlungen, die sozusagen einen Energieaggregatzustand in einen anderen umwandeln. Leider sind dabei Umwandlungsverluste in Kauf zu nehmen, die dazu führen, dass ein Aggregatzustand immer in wenigstens zwei oder mehrere andere umgewandelt wird, von denen oft nur einer weiter nutzbar ist.

Das Verhältnis von nutzbarer Energie aus einem Umwandlungsprozess zu hineingesteckter Energie nennen wir den „Wirkungsgrad der Umwandlung“.

Werden zwei oder mehrere Energieumwandlungen nacheinander vorgenommen, reduziert sich der Gesamtwirkungsgrad, da sich die Einzelwirkungsgrade „unschön“ multiplikativ zum Gesamtwirkungsgrad ergänzen.

Betrachten wir das am Beispiel eines Kohlekraftwerks (wir folgen hier im Wesentlichen [ABC2002]):

- Umwandlung 1: Die chemische Energie der Kohle wird im Ofen durch Verbrennung in thermische Energie umgewandelt.
- Umwandlung 2: Diese thermische Energie wird sofort anschließend zur Erzeugung von Dampf verwendet.
- *Beide Umwandlungen zusammen: Wirkungsgrad 90 %*
- Umwandlung 3: Die Wärmeenergie des Dampfes wird über eine Turbine in mechanische Energie umgewandelt.
- *Wirkungsgrad: ca. 55 %*
- Umwandlung 4: Im Generator erzeugt die rotierende Turbine einen elektrischen Strom.
- *Wirkungsgrad: ca. 98 %*
- „Umwandlungen 5“: Hier fassen wir alle Seiteneffekte und Verluste zusammen: Wärmeverluste an Leitungen, Umwandlung des Stroms im Generator in einen Hochspannungsstrom,

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{[nutzbare Energie]}}{\text{[eingesetzte Energie]}}$$

Eigenbedarf des Kraftwerks selbst für Pumpen, Beleuchtung, Rauchgasreinigung und anderes.

- *Wirkungsgrad: ca. 91 %*

Daraus ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad von der Kohle bis zum Strom von etwa 44 % durch Multiplikation der Einzelwirkungsgrade (vgl. Abbildung 4.2–1).

Aber es geht noch weiter: Der Strom wird über Hochspannungstrassen zu Umspannwerken und von dort niedervoltig zu den Haushalten transportiert, wo er die gewünschte Energiedienstleistung erfüllen kann. Heißt diese z. B. Licht und nennt man die benutzte Umwandlungstechnologie Glühbirne, wird also ein Strom in einer Glühbirne in Licht umgewandelt, fällt auch ein bisschen Wärme an – etwa 94 % der an der Glühbirne eingesetzten Stromenergie.

Hier ist auch ein wesentlicher Unterschied zwischen einer fossilen oder nuklearen Versorgungskette auf der einen Seite und einer regenerativen Versorgungskette auf der anderen Seite zu sehen.

## 4.2 Energieeffizienz – Suche nach mehr

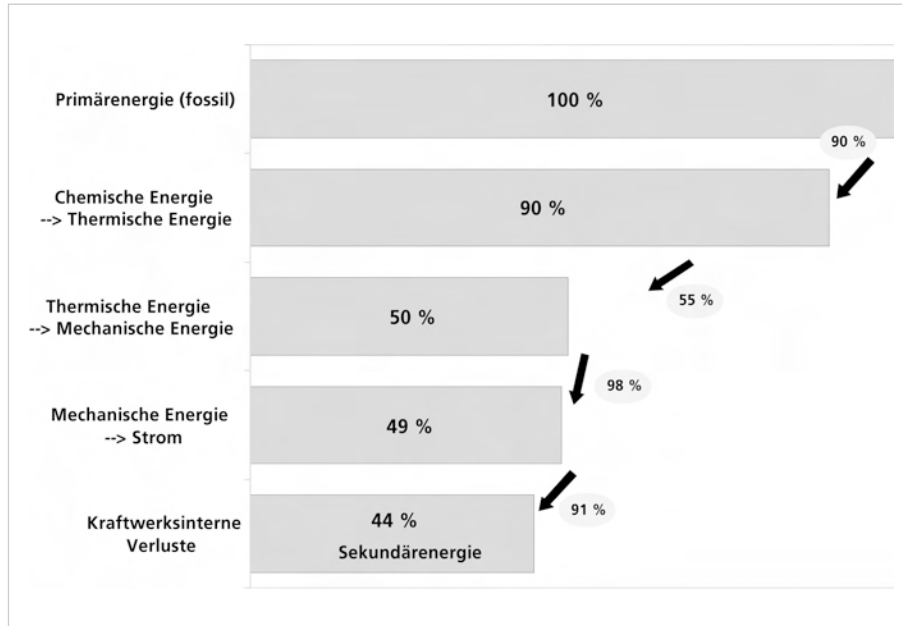


Abbildung 4.2-1: Jede Umwandlungsstufe in einem Kraftwerk erzeugt Verluste.

port des Stroms. Leider erzeugt eine Glühbirne, wie gesehen, im Wesentlichen Wärme, sonst würde man sie vermutlich statt „Glühbirne“ auch „Lichtbirne“ nennen.

Für die Erzeugung von Licht nach dem herkömmlichen Weg wird also ein ungeheurer Aufwand betrieben. Dies wird zahlenmäßig noch deutlicher, wenn wir alle Zahlenwerte auf die Nutzenergiemenge des Lichts beziehen.

Wir konkretisieren die Wirkungsgradzusammenhänge an fünf Beispielen.

### Vom Kohlekraftwerk zum Glühbirnenlicht

40 % der Primärenergie kommen als Endenergie (vgl. Abbildung 4.2-2) bei uns im Haus an. Dies entspricht dem Wirkungsgrad eines üblichen Großkraftwerks und den Leitungsverlusten beim Trans-

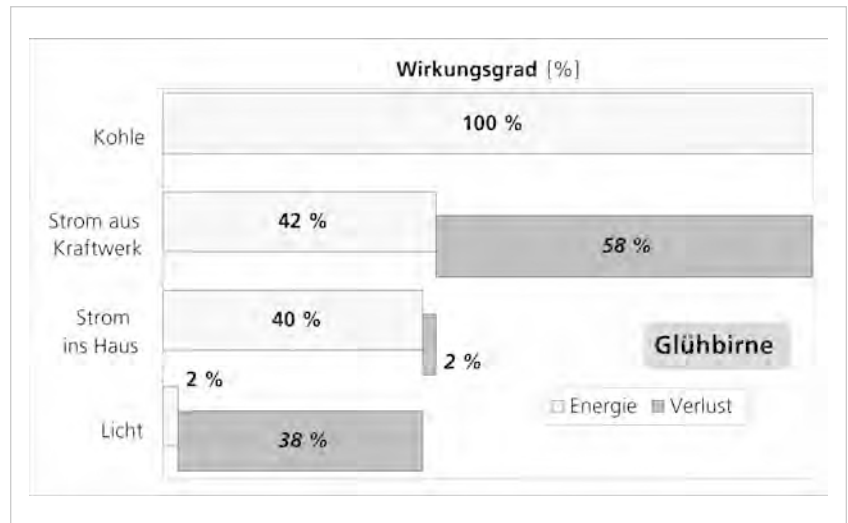


Abbildung 4.2-2: Wirkungsgradkette von der Kohle zum Licht (Glühbirne)

## 4.2 Energieeffizienz – Suche nach mehr

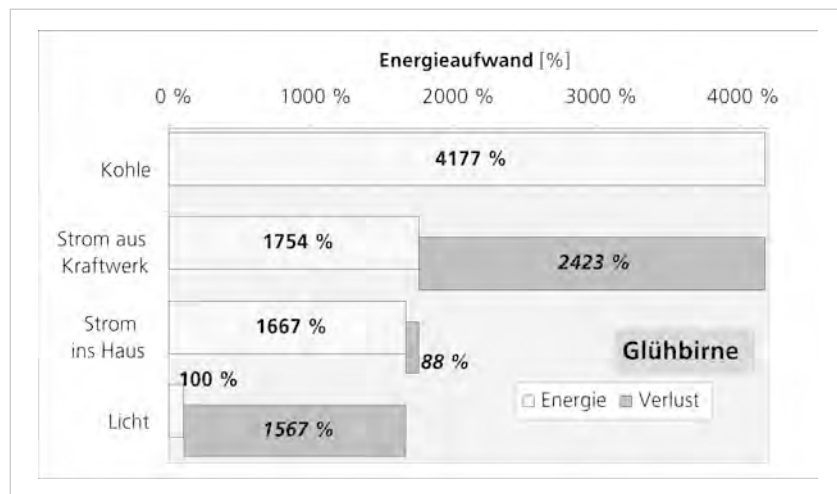


Abbildung 4.2-3: Das Licht einer Glühbirne benötigt eine Menge Kohleenergie.

### Vom Kohlekraftwerk zum heißen Essen (Elektroherd)

Einen ähnlichen Vergleich zur Verdeutlichung von Wirkungsgradketten ziehen wir für die Zubereitung bekömmlicher warmer Speisen. Ein Elektroherd leistet in den meisten Küchen gute Dienste, allerdings setzt er nur 27 % der anfangs eingesetzten Primärenergie direkt in die Wärme unseres Essens um (Abbildung 4.2-5). Das heißt: Fast das Vierfache der Nutzenergie Wärme in unserem Essen benötigen wir auf der Primärenergieseite.

Fast das 42-fache der Nutzenergie Licht muss in der Primärenergie investiert werden.

### Vom Kohlekraftwerk zum Energiesparlampenlicht

Das sieht bei Energiesparlampen schon ein bisschen freundlicher aus: Bei dieser effizienten Beleuchtungstechnologie wird nur das 8-fache der Nutzenergie an Primärenergie benötigt, um die gleiche Lichtmenge zu erzeugen (Abbildung 4.2-4).

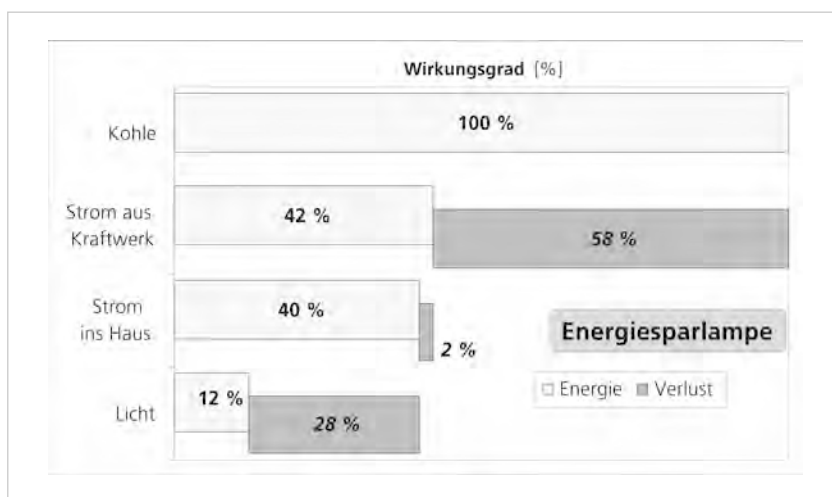


Abbildung 4.2-4: Wirkungsgradkette von der Kohle zum Licht (Energiesparlampe)

## 4.2 Energieeffizienz – Suche nach mehr

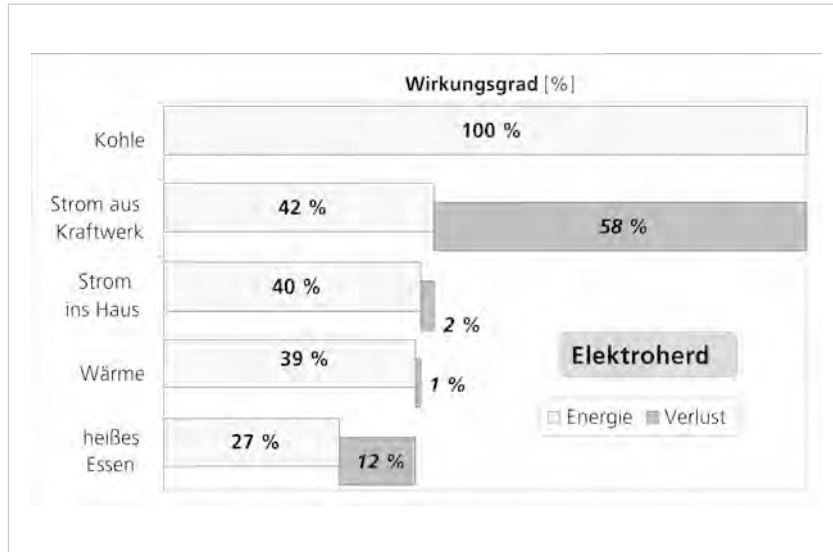


Abbildung 4.2-5: Wirkungsgradkette von der Kohle zum heißen Essen (Elektroherd)

### Von der Solarzelle auf dem Hausdach zum Energiesparlampenlicht

Werfen wir den Blick auf die Erzeugung von Strom über Solarzellen auf unserem Dach (Abbildung 4.2-7). Dem ersten Anschein nach wirkt diese Anordnung ineffizienter als die Wirkungsgradkette des Kohlekraftwerk-Energiesparlampen-Zyklus (Abbildung 4.2-4). Energiezahlenmäßig stimmt das auch. Solarzellen haben heute erst einen Wirkungsgrad von 12 % im Tageseinsatz. Aber die Lernkurve hat erst begonnen und es werden noch deutliche Steigerungen erwartet. Viel wichtiger aber ist, dass die „Verluste“ in Abbildung 4.2-7 Verluste ohne ökologische Auswir-

### Vom Gasspeicher zum heißen Essen (Gasherd)

Wie sieht das bei Gasherden aus? Gas wird ja auch immer teurer, aber:

Die Wirkungsgradkette zeigt, dass es effizienter ist, das Gas zu Hause zu verbrennen und einen Kochtopf zu erwärmen, anstatt in einem Gaskraftwerk durch die Verbrennung Strom zu erzeugen, mit diesem Strom im Herd eine Platte zu erwärmen und so das Essen auf seine Temperatur zu bringen (Abbildung 4.2-6).

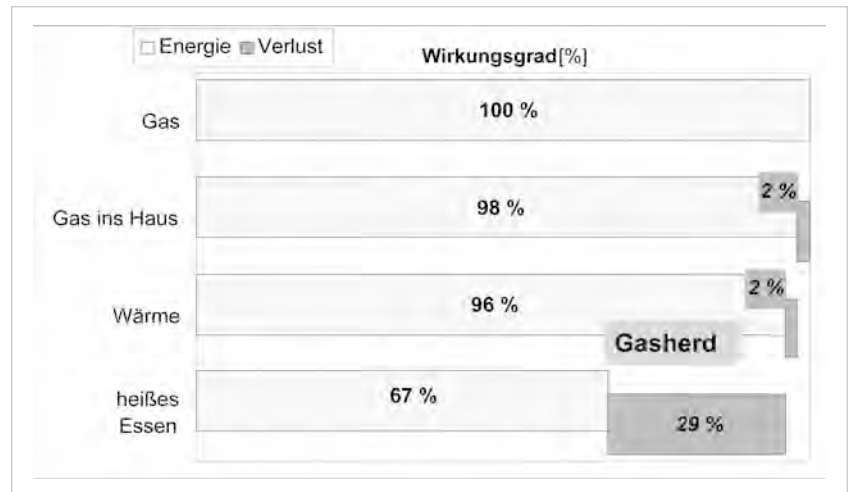


Abbildung 4.2-6: Wirkungsgradkette vom Gas zum heißen Essen (Gasherd)

## 4.2 Energieeffizienz – Suche nach mehr

kungen sind. Diese Verluste im Sonnenlicht sorgen lediglich für eine leichte Erwärmung der Solarzellen oder werden zurück in die Umgebung reflektiert. Man sieht, der Wirkungsgrad alleine sagt nicht alles!

### Energieernte nicht nur im Herbst

Neben dem Wirkungsgrad einer Energieumwandlung gibt es aber noch eine zweite Maßzahl, die zur Bestimmung der Gesamteffizienz der Energieerzeugung und -bereit-

stellung berücksichtigt werden muss: den *Energieerntefaktor*. Dieser gibt an, wie viel Energie eigentlich in einer Quelle oder Umwandlung im Verhältnis zu der Energie gewonnen werden kann, die zur Herstellung und zum Betrieb des Kraftwerks oder des Wandlers benötigt wird, und berücksichtigt dadurch u. a. auch die Lebensdauer eines Kraftwerks. Die Bestimmung dieses Faktors gilt als schwierig und in nicht geringem Maße „ideologisch gefärbt“ ([ABC2002]).

Andererseits ist natürlich die Sonne als Energiequelle ökologisch wesentlich unproblematischer als Kohle und Kernenergie. Hinzu kommt, dass nach den Gesetzen des Fortschritts und der Massenerzeugung zukünftig mit wesentlichen Verbesserungen bei der Erzeugung von Solarzellen zu rechnen ist, zumindest was das spezifische Investment angeht (also die Euro, die pro installierter Leistung bezahlt werden müssen).

Windkraftanlagen haben in der Regel nach sechs bis neun Monaten die Energie eingefangen, die zu ihrer Produktion eingesetzt worden ist, Photovoltaik-Anlagen benötigen dafür etwa drei Jahre. Übrigens ernten Kohle- und Kernkraftwerke niemals die Energie, die zu ihrer Herstellung und dem Bau benötigt wurde: Die Energieausbeute aus Kohle und Uran liegt nur zwischen 30 % und 40 %

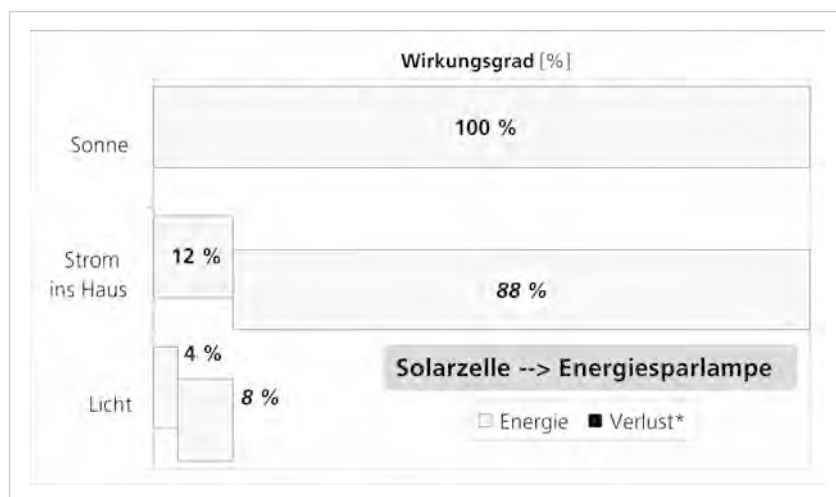


Abbildung 4.2–7: Wirkungsgradkette von der Sonne (Solarzelle) bis zum Licht (Energiesparlampe)

## 4.2 Energieeffizienz – Suche nach mehr

### 600 Gramm Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) für eine Kilowattstunde

Auf einen Seitenaspekt bei der Erzeugung von Energie gehen wir noch ein ausführlicher ein, weil er die ökologischen Aspekte der Effizienz verdeutlichen hilft. Fragen wir also:

*Auf welche Weise lässt sich zu Hause durch den Verbrauch von Strom das meiste Kohlendioxid erzeugen?*

Wir investieren also Verbrauchstrom und gewinnen ein Gas, das wir schleunigst in die Atmosphäre abgeben wollen. Wir wollen es ja warm haben und haben gelernt, dass Kohlendioxid effizient einen Treibhauseffekt auf unserer Erde unterstützt.

Beim Verbrauchsstrom wollen wir uns natürlich auf den Strom konzentrieren, den wir nicht brauchen.

Hilfreich ist dazu zu wissen, dass nur unsere Steinkohle-, Braunkohle- und Gaskraftwerke in der Lage sind, CO<sub>2</sub> zu erzeugen. Aus dem Betrieb von Kern-, Wind-, Wasser- und Solarkraftwerken kann leider kein Kohlendioxid gewonnen werden und das bisschen, das beim Bau und dem Transport von Bauelementen frei wird, lassen wir außer Acht.

Als Daumenwert entnehmen wir der Tabelle 4.2–1 etwa 600 g CO<sub>2</sub>/kWh. Dieser Wert ist gemittelt und gewichtet aus den Emissionswerten der unterschiedlichen Kraftwerke, die unseren Strom herstellen. Dieses Gas entspricht unter Normalbedingungen etwa einem Volumen von 320 Litern. Zum Vergleich: ein Wohnzimmer mit 26 Quadratmetern und 2,50 m hohen Wänden beinhaltet ungefähr 65 Kubikmeter oder 65.000 Liter. Folglich füllen etwas mehr als 200 kWh unser Wohnzimmer komplett mit Kohlendioxid.

Ein anderer Vergleich: Ein sparsamer 220-Liter-Kühlschrank verbraucht etwa 1,2 kWh pro Tag, benötigt also für die Erzeugung eines Gasvolumens seiner Größe (220 l) nur knapp 14 Stunden Dauerbetrieb.

Wir wollen nach dem Wirkungsgrad fragen und die folgenden vier Nutzungsszenarien näher betrachten. Mit welchem, glauben Sie, können wir mehr Kohlendioxid erzeugen, ohne dass wir eine „Nutzungsleistung“ erhalten?

Im ersten Szenario setzen wir in unserer Küche eine 100-W-Glüh-

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{[nutzbare Energie]}}{\text{[eingesetzte Energie]}}$$

Tabelle 4.2–1: CO<sub>2</sub>-Erzeugungs-„effizienz“ von Energiedienstleistungsträgern

Verbrauch durch	Einheit	Wert	Gasvolumen (Liter)
Strom	pro kWh	600 g CO <sub>2</sub>	320
Gas	pro kWh	200 g CO <sub>2</sub>	110
Öl	pro kWh	260 g CO <sub>2</sub>	140
Steinkohle	pro kWh	330 g CO <sub>2</sub>	180
Braunkohle	pro kWh	400 g CO <sub>2</sub>	210
Autoverkehr	pro Personen-km	200 g CO <sub>2</sub>	110
Bus/Bahnverkehr	pro Personen-km	60 g CO <sub>2</sub>	30
Motorrad	pro Personen-km	100 g CO <sub>2</sub>	50

## 4.2 Energieeffizienz – Suche nach mehr

birne statt einer 20-W-Energiesparlampe ein. Die Birne brennt im Mittel zwei Stunden pro Tag.

Im zweiten Szenario stellen wir unseren 220-Liter-Kühlschrank so ein, dass er zwei Grad niedrigere Temperaturen im Kühlfach erzeugt.

Im dritten Szenario lassen wir unseren Fernseher, wenn wir nicht selbst fernsehen, im Stand-by-Modus laufen. Übrigens schauen wir pro Tag im Mittel drei Stunden.

Das vierte Szenario setzen wir beim Kochen an. Wir decken grundsätzlich unseren Kochtopf nicht mit einem Deckel beim Kochen zu. Wir kochen pro Woche dreimal, jeweils mit zwei Töpfen, jeweils für zwei Personen.

Was tippen Sie?

In Tabelle 4.2–2 haben wir die Rechenergebnisse zusammengefasst. Erstaunt Sie das Ergebnis?

Die dritte Spalte gibt an, wie viel Kohlendioxid im Vergleich zu einem effizienteren Verhalten oder einer effizienteren Technologie freigesetzt wird.

- jährlich 35 kg CO<sub>2</sub> lassen sich durch eine einfache Investition von 4-6 Euro in eine Energiesparlampe vermeiden (Szenario 1),
- 32 kg durch eine moderate Kühlung (6-8 °C statt 4 °C),
- 37 kg durch den Kauf einer schaltbaren Steckerleiste – sie erfasst auch noch die Stereoanlage, vielleicht 3 Euro.
- 24 kg durch Kochen mit einem Kochtopfdeckel.

Fassen wir zusammen: Investitionen in der Größenordnung von 7-10 Euro und Verhaltensänderungen in drei Fällen reduzieren in unserer exemplarischen Szenariosammlung die CO<sub>2</sub>-Emission um 128 kg. Wenn dies alle 1-Personen-Haushalte täten, wären das schon 1,7 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> weniger.

Geld spart es auch noch. Ihr Geld. Aber wie kommen wir da hin? Wie schaffen wir das? Wie gehen wir die Einsparpotenziale an?

**Tabelle 4.2–2:** Jährlich erzeugtes CO<sub>2</sub> in unseren vier Szenarien

Szenario	Beschreibung	jährl. Stromverbrauch	jährl. CO <sub>2</sub> -Emission	zusätzlich gewonnenes CO <sub>2</sub>	jährl. eingesetzter Zusatzstrom
		[kWh]	[kg]	[kg]	[kWh]
1	Glühbirne statt Energiesparlampe	73	44	35	58
2	Kühlschrank 2 Grad zu kalt	491	294	32	53
3	Fernseher im Stand-by-Betrieb	127	76	37	61
4	Kochen ohne Deckel	161	97	24	40



# Stichwortverzeichnis

## A

Amortisation 105  
Ankochwirkungsgrad 110  
Atomkraftwerk 13, 133  
Auto, Energiedichte von Benzin 73  
Auto, Energieverbrauch 73

## B

Bedarfsfelder 75  
Beleuchtungsmittel  
  LED 108  
  Lichtfarbe 106, 107  
Beleuchtungsstärke 102  
Benchmarking 13  
Bodensee 52

## C

China 13, 92, 98, 132, 142  
Computer 40, 45, 71  
  Drucker 37, 72, 120  
  Ein-Personen-Haushalt 79

## D

Digitalempfänger 99  
Drei-Personen-Haushalt,  
  Verbrauchsbänder 82

## E

Ein-Personen-Haushalt,  
  Verbrauchsbänder 82  
Elektroherd, Wirkungsgrad 63  
Endenergie 34, 48, 50, 52, 55,  
  61, 62, 73, 74, 95, 109, 110,  
  115

Endenergie, Verbrauchssektoren 52

Energieberatung 68  
Energiedichte, Benzin 73  
Energiedichte, Heizöl 73  
Energieeffizienz 61  
Energie-Erntefaktor 65  
Energieerzeugung 48  
Energiefluss 52  
Energielelabel 45  
Energiepate 95  
Energiesparlampe 66, 67, 103,  
  105, 107, 123, 124  
  Wirkungsgrad 63  
Energietransport 49  
Erneuerbare Energie 12

## G

Gasherd, Wirkungsgrad 64  
Geschirrspüler 118  
  Warmwasseranschluss 118  
Glühbirne, Wirkungsgrad 62  
Graue Energie 82  
Grundlast 95

## H

Halogenlampe 103  
Heizung 73  
Herd, Nachwärme 113

## J

Joule 57

## K

Kaffee-Espresso-Automat 99

Kapitalkosten 126  
Kennzahl, Energieverbrauch 57  
Kennzahl, Haushaltsgröße 76  
Kennzahl, privater  
  Energieverbrauch 43  
Kennzahl, privater Stromverbrauch 43  
Kennzahl, Stromverbrauch 56  
Kernbrennstoff 49  
Kernenergie 10, 51, 53, 65, 87,  
  134  
Kernkraftwerk 133, 135, 136  
Kilowattstunde 57  
  Energiedienstleistungen 59,  
  128  
  Preisstruktur 130  
Kochen 40, 63, 111  
Kohlendioxid 66  
Kostenvergleich, Glühbirne vs.  
  Energiesparlampe 123, 124  
Kostenvergleich, neuer vs. alter  
  Kühlschrank 123

## L

LED 108  
Lichtausbeute 104  
Lichtstrom 102, 104  
Lumen 104  
Lux 102, 104

## M

Mittellast 95

## N

Nutzenergie 48

# Stichwortverzeichnis

## **P**

Photovoltaik 55  
Primärenergie 48  
Energieträger 52  
regenerative Energiequellen 52  
Stromerzeugung 53

## **Q**

Quick-Wins 41

## **R**

Regenerative Energieträger  
Kapazitäten 54  
Stromerzeugung 53

## **S**

Schadstoffe, Emission 31  
Schadstoffe, Stromerzeugung 56  
Sekundärenergie 48  
Solarzelle 49  
Spitzenlast 95

Stand-by 33, 84  
Kosten 86  
Steinkohleeinheit 57  
Strom, Verbrauchssektoren 55

## **T**

Toaster 124

## **U**

UMTS-Mobilfunk 100

## **V**

Vier-Personen-Haushalt  
Einsparhebel 39  
Einsparpotenziale 39  
Endenergiekosten 74  
Endenergieverteilung 74  
Energiekosten 46  
Verbrauchsverteilung 39

## **W**

Wärmeleitung 110  
Wärmekonvektion 110  
Wärmestrahlung 110  
Warmwasser 73  
Waschen 115  
Verbrauch pro Waschgang 116  
Warmwasseranschluss 116  
Waschmaschine, Energielabel 45  
Wasserkocher 38, 44  
Watt 57  
Wirkungsgrad 61  
Elektroherd 63  
Energiesparlampe 63  
Gasherd 64  
Glühbirne 62  
Kohlekraftwerk 61

## **Z**

Zwei-Personen-Haushalt,  
Verbrauchsbänder 82

Uwe Dankert

**FRANZIS**  
DO IT! BAND 7

# Wie Sie Ihre Stromkosten spürbar senken

2. aktualisierte Auflage

**Die Verbraucher stöhnen unter der Last steigender Strompreise. Die regenerativen Energieträger wie Wind, Sonne und Biomasse boomen.**

**Das Angebot wird jedoch kaum ausreichend sein, die Lücken in der zukünftigen Energieversorgung zu schließen.**

**Hier wird Ihnen gezeigt, wie Sie drei Fliegen mit einer Klappe schlagen:**

- **wie Sie Ihre Stromrechnung reduzieren**
- **wie Sie Ihren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck verkleinern**
- **wie Sie unsere Energieversorgung zukunftssicher machen**

## Aus dem Inhalt

- **Alle wichtigen Tipps zur Reduzierung des Stromverbrauchs**
- **In zehn Schritten zu 20% geringeren Kosten**
- **Wichtige Fakten zur Energieversorgung**
- **Energieeffizienz leicht verstanden**
- **Das Stand-by-Fiasko**
- **Energie und unsere Verbraucherkraft**
- **Licht, Waschen, Kochen und Spülen mit hohem Wirkungsgrad**
- **Beispielhafte Wirtschaftlichkeitsberechnungen**
- **Technik zum Stromsparen**
- **Hilfreiches Glossar**

Strom ist die edelste Form der Energie in unserem Leben. Wir sollten damit sorgsam umgehen. Als Energieträger ist Strom höchst flexibel, kann bequem transportiert und in viele Dienstleistungen wie Wärme, Licht und Unterhaltungsmusik umgewandelt werden.

Strom lässt sich risikolos und bequem aus der Steckdose entnehmen, aber nur einmal im Jahr sehen wir seine Kosten. Daraus resultiert vermutlich der gedankenlose Umgang.

Energieeffizienz hat keine Lobby in der Politik. Effizienzsteigerungen gelten nicht als besonders reizvolles Wahlkampfthema. Die Klimaänderung erfahren wir im Moment nur aus der Zeitung. Also sollte sich jeder Verbraucher persönlich engagieren.

Das Buch zeigt, was zu tun ist, um den Stromverbrauch zu senken, ohne an Luxus und Bequemlichkeit zu verlieren! Durch Anwendung der richtigen Methoden lässt sich jeden Monat eine Menge Geld einsparen.

Erklären Sie dem gedankenlosen Stromverbrauch den Krieg. Stromeffizienz ist die regenerative Energiequelle, auf die Sie selbst Einfluss nehmen können.

## Jeden Monat bares Geld sparen!

Besuchen Sie uns im Internet: [www.franzis.de](http://www.franzis.de)

ISBN 978-3-7723-4226-4



EUR 14,95 [D]