

Quarks Script

Script zur WDR-Sendereihe „Quarks & Co“

WDR FERNSEHEN

**Energie der
Zukunft**

Inhalt

| | |
|------------------------------------|----|
| 1. Energie ganz einfach | 4 |
| 2. Die große Verschwendung | 5 |
| 3. Energiefresser Auto | 8 |
| 4. Energie zu Hause | 12 |
| 5. Energieszenarien | 15 |
| 6. Erneuerbare Energiequellen | 19 |
| 7. Energiezukunft Brennstoffzelle? | 26 |
| 8. Literatur und Links | 29 |
| 9. Index | 34 |

Impressum

Text: Reinhart Brüning, Martin Dreifert,
Jan Krüger
Koordination: Martin Dreifert
Redaktion: Thomas Hallet
Fachliche Beratung:
Dr. Detlef Koenemann (Kapitel 6 und 7)
Copyright: WDR 2001

Internet:
Weitere Informationen erhalten Sie unter
<http://www.quarks.de>

Gestaltung:
Designbureau Kremer & Mahler, Köln

Bildnachweis: Büro Rolf Disch (S.
15), Solarcentury (S. 20), Martin
Dreifert (S. 23 l.), alle anderen WDR

Illustrationen und Grafiken:
Designbureau Kremer & Mahler

Diese Broschüre wurde auf 100 %
chlorfrei gebleichtem Papier
gedruckt.



Vom Öl zur Brennstoffzelle:
Quarks & Co zeigt, wie faszinierend
die Energiezukunft sein kann.

Liebe Zuschauerin, lieber Zuschauer!

Würden Außerirdische zu uns kommen und beobachten, wie wir Menschen mit Energie umgehen, dann würden sie bestimmt erschrecken: Zum Beispiel über die Art, wie wir mit Kohlekraftwerken Strom produzieren. Dort verpufft die meiste Energie, die in dem wertvollen Rohstoff steckt. Wenn aus Kohle Strom wird und man mit diesem Strom eine Glühlampe leuchten lässt, dann bleiben 98 Prozent der Energie auf der Strecke, nur zwei Prozent werden genutzt – als Licht.

In unserer Sendung „Energie der Zukunft“ haben wir gezeigt, wie die Energieversorgung intelligenter und effizienter gestaltet werden kann. Wie werden wir künftig heizen oder Strom erzeugen? Welche Möglichkeiten bieten Sonne, Wind und Bioenergie? Wo können wir sparen? Und was ist eine Brennstoffzelle? Konkrete Antworten auf konkrete Fragen, das möchten wir Ihnen auch mit diesem Quarks Script anbieten. Denn Energie ist ein Thema zum Staunen, zum Streiten und mit vielen praktischen Fassetten.

Viel Spaß beim Lesen!

1

Energie ganz einfach

Was ist eine Kilowattstunde?

Wenn wir leichtfertig von „Energieverbrauch“ sprechen, sträuben sich den Physikern die Nackenhaare. Denn tatsächlich kann man Energie nicht wirklich verbrauchen, sie verschwindet nie, man kann sie nur umwandeln. Endstation ist meist eine allgegenwärtige Form von Energie, die Wärme. In jeder Substanz, die wärmer ist als der absolute Nullpunkt (-273,15 °C = 0 Kelvin), steckt Energie. Welche Energieformen es gibt, und mit welchen Methoden sie sich direkt ineinander umwandeln lassen, haben wir in einem kleinen Kasten zusammengestellt (S. 5). Weil es so viele Erscheinungsformen von Energie gibt, existieren auch mehrere Energieeinheiten. Ein großer Vorteil des Internationalen Einheitensystems (SI) ist, dass sich alle Energieeinheiten einfach ineinander umrechnen lassen: Der Energiegehalt eines Brötchens (gemessen in Joule) lässt sich so direkt mit dem Energiebedarf für 10 Stockwerke Treppensteigen (gemessen in Newtonmeter) oder dem Stromverbrauch des Aufzugs (gemessen in Kilowattstunden) vergleichen.

1 JOULE (J) = 1 WATTSEKUNDE (Ws)
= 1 NEWTONMETER (Nm)
ODER: 3600 kJ = 1 kWh
 „JOULE“: EINHEIT FÜR ENERGIE, ARBEIT, WÄRMEMENGE
 „WATT“: EINHEIT FÜR LEISTUNG, ENERGIESTROM, WÄRMESTROM

Hartnäckig halten sich einige nicht SI-konforme Einheiten: die umgangssprachliche „Kalorie“ meint die

Kilokalorie (1 kcal = 4,1868 kJ ≈ Wärmemenge, um 1 l Wasser um 1 °C zu erwärmen ≈ Energiegehalt von 0,1 g Rohöl). Die Leistung unserer Automotoren messen wir gern in PS (1 PS = 735 W, 1 kW = 1,36 PS). Und der Primärenergieverbrauch wird oft in t SKE angegeben, also in Tonnen Steinkohleeinheiten (1 t SKE = 1000 kg SKE = 29 GJ = 8141 kWh).

Welche Energieträger gibt es?

Wichtigste Energiequelle ist die Sonne. Ohne sie gäbe es kein Leben auf unserem Planeten. Und auch nicht unsere wichtigsten fossilen Energieträger: Öl, Kohle, Gas. Sie sind nämlich – der Name sagt’s schon – fossile Energieträger, die in Millionen von Jahren aus der Pflanzenwelt des Tertiär (Braunkohle, 10 bis 50 Mio. Jahre alt) bzw. der des Oberkarbons (Steinkohle, 300 Mio. Jahre alt) entstanden sind. Unser Energiehunger ist so groß, dass die Menschen heute jeden Tag zum Beispiel mehr Erdöl verbrauchen, als sich in 1000 Jahren gebildet hat. Natürlich gibt es neben den fossilen noch eine Reihe anderer Energieträger, also Stoffe, die es uns erlauben, Energie zu speichern oder zu transportieren: Strom ist ein ganz edler Energieträger. Hinzurechnen muss man aber auch gespeicherte Lageenergie, Federspannungen oder chemisch gebundene Energie.

Warum ist Strom so wertvoll?

So ganz falsch ist es natürlich nicht, von „Energieverbrauch“ zu sprechen (s.o.). Denn die verschiedenen Erscheinungsformen von Energie sind verschieden universell nutzbar. Dies wird sofort deutlich, wenn Sie die Energie-Matrix genauer anschau-

2

Die große Verschwendung

Wie effizient nutzen wir Energie?

1999 wurden in Deutschland 484 Millionen Tonnen Steinkohleeinheiten an Energie eingesetzt. Zu dieser so genannten **Primärenergie** zählen alle importierten oder heimischen Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas, Uran, Wasserkraft, Biomasse etc.). Der größte Teil der Energie geht bei der Umwandlung in **Endenergie** (z.B. Strom) verloren (S. 17, Energieflussbild). Weniger als ein Drittel der Primärenergie steht dann als **Nutzenergie** zur Verfügung. Denn wir sind ja nicht scharf auf Öl, Strom oder Benzin, sondern auf eine warme Dusche, Licht und auf ein Auto, das fährt. Fast immer gibt es mehrere unterschiedlich effektive Möglichkeiten, eine solche **Energiedienst-**

en. Strom (Elektrische Energie) ist ein wahres Multitalent. Das ist bei Wärme (Thermische Energie) ganz anders. Wer damit mehr anfangen will als Heizen, muss komplizierte Maschinen einsetzen. Die verschiedenen Energiearten haben also eine unterschiedliche Wertigkeit, die sich übrigens auch im Preis ausdrückt. Eine Kilowattstunde Strom ist etwa viermal teurer als eine Kilowattstunde Wärme. Wenn wir von Energieverbrauch sprechen, meinen wir, dass wir Energie höherer Wertigkeit in solche niederer Wertigkeit umwandeln, also zum Beispiel mit dem Heizlüfter aus edlem Strom lausige Wärme machen. Das Multitalent Strom ist in der Regel zum Heizen viel zu schade, das wird leider oft vergessen.

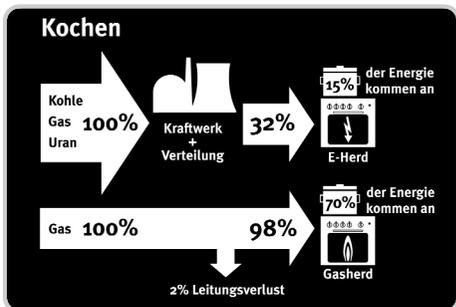
| | Mechanische Energie | Thermische Energie | Lichtenergie | Elektrische Energie | Chemische Energie |
|---------------------|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Mechanische Energie | Turbine | Stirling-Motor | Tribolumineszenz-Kristalle | Generator (90) | chem. Reaktion unter Druck |
| Thermische Energie | Stirling-Motor (20) Dampfmaschine | Wärmepumpe | Glühende Körper | Thermoelement | endotherme chem. Reaktion |
| Lichtenergie | Radiometer (Lichtmühle) | Sonnenkollektor | Lumineszenz-Kristalle | Solarzelle (15) | Photosynthese (2) |
| Elektrische Energie | Elektromotor (90) | Tauchsieder (98) | Glühlampe (5) | Akkumulator | Elektrolyse (80) |
| Chemische Energie | Ottomotor (30) | exotherme chem. Reaktion | Kerzenflamme Leuchtkäfer | Batterie Brennstoffzelle (50) | chem. Reaktion |

Die Energie-Matrix nennt Beispiele, wie eine Energieart direkt in eine andere umgewandelt werden kann. Keine der Umwandlungen ist verlustfrei. Die Zahlen in Klammern geben typische Wirkungsgrade in Prozent an. Eine Glühlampe macht aus viel Strom nur wenig Licht, die Ausbeute beträgt rund 5 Prozent. Dagegen kann ein Tauchsieder elektrische Energie nahezu vollständig in Wärme umwandeln. (Quelle: Naturwiss. im Unterricht-Physik/Chemie, Heft 6/1983, S. 191 ff., ergänzt)

leistung zu erbringen. Duschwasser kann durch eine Solaranlage, durch Verbrennung von Gas in einem Heizkessel oder auch mit einem elektrischen Durchlauferhitzer erwärmt werden. Wasser auf einem Gasherd zu kochen, benötigt nur etwa ein Drittel

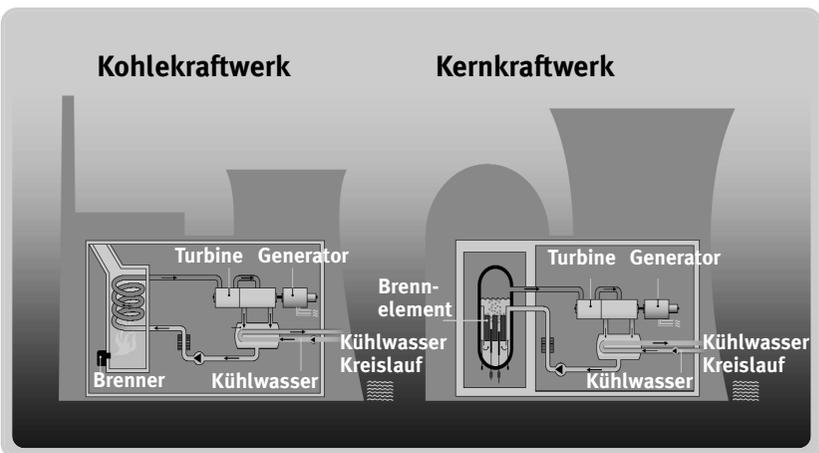
Warum sind viele Kraftwerke Energieschleudern?

Allein durch eine Veränderung der Struktur der Versorgung könnte in Deutschland viel Energie eingespart werden, ohne auf Energiedienstleistungen verzichten zu müssen. Kein Kraftwerk kann die eingesetzte Primärenergie vollständig in Arbeit oder Strom umwandeln, kein heutiges und auch kein zukünftiges. Grund ist der zweite Hauptsatz der Thermodynamik. Er sagt, dass eine Wärmekraftmaschine oder ein Kraftwerk die hineingesteckte Energie immer nur zum Teil umwandeln kann; es entsteht immer Abwärme. Um so wenig Wärme wie möglich zu vergeuden, sollte die Temperatur des Prozesses möglichst hoch sein. Das ist jedoch nur begrenzt möglich. Die Dampftemperatur eines Kernkraftwerks beträgt zum Beispiel etwas weniger als 300 °C. Aus diesem Grund haben Kernkraftwerke im Vergleich zu anderen Wärmekraftwerken auch den schlechtesten Wirkungsgrad von nur 35%.



Wer einen Gasanschluss hat, sollte auch mit Gas kochen, das ist wesentlich effizienter.

der Primärenergie, die bei einem Elektroherd eingesetzt werden muss. Die Energiedienstleistung ist in beiden Fällen identisch - Hauptsache, das Wasser ist warm.



Kohle- und Kernkraftwerk im Vergleich: Beides sind Wärmekraftwerke, die aus Wasser zunächst Dampf machen. Der Dampf im Kohlekraftwerk ist jedoch heißer. Deshalb ist der Wirkungsgrad besser und der Kühlturm bei gleicher Leistung kleiner.

Was bedeutet Kraft-Wärme-Kopplung?

Jedes Kraftwerk erzeugt Abwärme. Bei einem Großkraftwerk weitab von den Städten verpufft sie und heizt zudem Flüsse und Atmosphäre auf. Für die riesige Wärmemenge gibt es einfach nicht genügend Abnehmer und über weite Strecken lässt sich Wärme nicht transportieren. Eine Alternative ist die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Anstelle eines großen Kraftwerks werden viele kleine Heizkraftwerke gebaut; und zwar dort, wo Wärme auch benötigt wird. Diese Kraftwerke erzeugen Strom und versorgen mit ihrer Abwärme Wohnungen, Krankenhäuser oder Schulen in der Umgebung. Das funktioniert über ein Leitungssystem, in dem die Heizwärme verteilt wird. So können etwa 85 Prozent der Primärenergie genutzt werden (30 Prozent als Strom und 55 Prozent

reichen, um auf diese Weise etwa 40 Prozent des Stroms zu erzeugen – ein gewaltiges Einsparpotential. Doch von einer Trendwende zu einer dezentralen Energieversorgung wollte die monopolisierte Elektrizitätswirtschaft lange Zeit nichts wissen.



Das Logo der Landesinitiative Zukunftsenergien ist ein verkleinertes Wärmebild des Landes. Doch auch darin ist zu erkennen, dass es im Ruhrgebiet und im Rheintal wärmer ist als in den Bergregionen an der östlichen Landesgrenze.

Wo entweicht Wärme?

Eine Kombination aus Verbrennungsmotor bzw. Brennstoffzelle und Generator zur Produktion von Kraft (Strom) und Wärme nennt man Blockheizkraftwerk (BHKW).

Quarks & Co hat sich zusammen mit einem Experten für die Aufnahme von Wärmebildern, einem Thermografen, auf die Suche nach Wärmelecks gemacht. Eine Echtzeit-Infrarotkamera stellt sofort dar, welche Oberflächentemperatur die Objekte haben. Unser Film zeigte einige faszinierende Beispiele und sollte keine systematische Bestandsaufnahme sein. Wir konnten aus der Luft messen, dass Rohre und Dächer eines Stahlwerks auch an einem eisigen Wintertag immerhin 47 °C warm sind, oder dass die Wassertemperatur in dem Außenbecken eines Schwimmbades mehr als 30 °C betrug. Auch dass das Kühlwasser des Kohlekraftwerks Hamm-Uentrop die Lippe um 10 °C aufheizte blieb unserem Wärmedetektiv nicht verborgen. Normalerweise benutzt man eine solche Spezialkamera jedoch, um Wärmelecks an

als Wärme). Durch die eingesparte Energie rechnet sich ein solches Wärmeversorgungsnetz. Nahwärmenetze sind sogar geradezu Voraussetzung für die sinnvolle Nutzung erneuerbarer Energiequellen, zum Beispiel die Nutzung von Biomasse in Kraft-Wärme-Kopplung. Denn oftmals ist dabei nur eine größere Anlage praktikabel. Vorreiter bei dieser Technologie sind Dänemark und die Niederlande, die schon 40 Prozent ihres Stroms in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugen. In Deutschland sind es dagegen nur etwa 11 Prozent. Der Wärmebedarf würde auch bei uns aus-

Gebäuden und Feuchtigkeitsschäden auszumachen. Denn feuchte Wände verraten sich im Infrarotbild durch veränderte thermische Eigenschaften.

Energiefresser Auto

3

Wieviel PS sind sinnvoll?

Ein großer Hubraum steht für rollenden Luxus, 200 PS und mehr versprechen ein dynamisches, sportliches Fahrerlebnis. Die Spitzenmodelle der Kraftfahrzeughersteller repräsentieren den Stand der Technik. Doch wie viele PS werden im normalen Verkehr wirklich benötigt?

Obwohl die physikalisch korrekte Größe für Leistung das Watt (beim Auto meist kW = Kilowatt = 1000 Watt) ist, hält sich die Bezeichnung PS. Beide Größen stehen in einem festen Verhältnis: 100 PS entsprechen 73,5 kW, 100 kW entsprechen 136 PS.

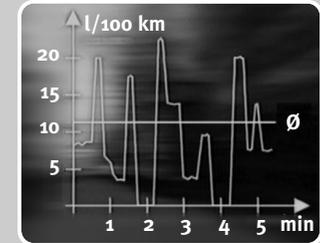
Kennt man typische Fahrzeugdaten wie Rollwiderstandszahl, c_w -Wert, Stirnfläche und Gewicht, so kann man den Leistungsbedarf für verschiedene Geschwindigkeiten errechnen. Typische Werte eines Kompaktwagens (z. B. Opel Astra oder VW Golf, jeweils 100 PS) sind:

| GESCHWINDIGKEIT | LEISTUNGSBEDARF |
|-----------------|-----------------|
| 50 km/h | 7 PS / 5 kW |
| 100 km/h | 23 PS / 17 kW |
| 140 km/h | 50 PS / 37 kW |

Auch bei einfarbiger Wiedergabe der Falschfarben-IR-Aufnahmen ist Wesentliches noch zu erkennen: Oberflächen, die wärmer als 8 °C sind, erscheinen weiß. Die Lippe (Bild unten) wird durch das Einleiten erwärmten Kühlwassers zum Beispiel von 3 auf 13 °C aufgeheizt. Links oben ist in jedem Bild die Maximaltemperatur des Mittelfeldes (weißer Rahmen mit Kreuz) angezeigt. Oben ist ein Stahlwerk und in der Mitte ein Schwimmbad mit Außenbecken zu sehen.

Bei Geschwindigkeiten bis 140 km/h wird also maximal die Hälfte der verfügbaren Motorleistung genutzt, in der Stadt sogar weniger als ein Zehntel. Dies gilt natürlich nur für gleichmäßige Fahrt, bei jeder Beschleunigung wird zusätzliche Leistung gebraucht. Eine „PS-Reserve“ ist also auf jeden Fall nötig. Wie viel Leistung zusätzlich benötigt wird, hängt dabei direkt vom Fahrzeuggewicht ab: Je schwerer das Auto, desto mehr PS werden benötigt; je größer der Motor, desto schwerer wiederum Motorblock, Fahrgestell usw. In der Stadt, wo es häufig nur nach dem „Stop and go“-Prinzip vorangeht, haben schwere Autos einen sehr hohen Kraftstoffverbrauch.

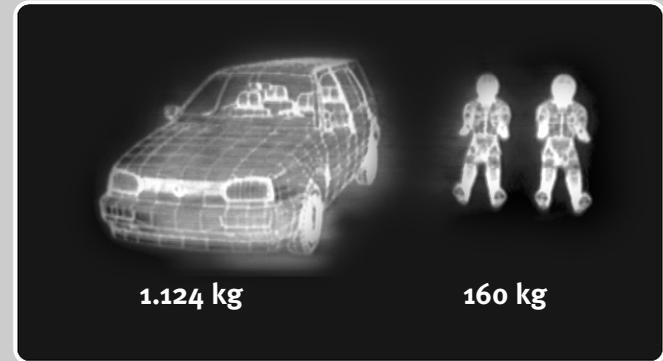
klappen sind zur Hälfte geschlossen, der Motor wird künstlich „gebremst“. Dies senkt den thermodynamischen Wirkungsgrad von mühsam erreichten 35 % wieder auf bis zu 10 % ab. Das heißt, für die gleiche Leistung wird bis zu drei Mal mehr Sprit verbraucht.



Warum sind große Motoren Spritfresser?

Die üppige Leistungsreserve überdimensionierter Motoren ist physikalisch gesehen nicht nur ein Schönheitsfehler, sondern treibt auch den Verbrauch nach oben. Je mehr PS ein Motor hat, um so häufiger wird er im sogenannten Teillastbetrieb laufen: die Drossel-

Quarks & Co hat zusammen mit dem TÜV eine Messfahrt unternommen. Bei solchen Fahrten wird der Verbrauch meist in Liter oder Gramm pro Sekunde gemessen, jedoch zur Anschaulichkeit in Liter pro 100 km (l/100 km) angegeben. Bei unregelmäßigen Fahrzuständen (z.B. Stadtverkehr) macht es dabei Sinn, die mittlere Geschwindigkeit als konstante Umrechnungsgröße zu verwenden, da ansonsten der Verbrauch (streng mathematisch betrachtet) beim stehendem Fahrzeug ins Unendliche steigen würde.



Mehr als eine Tonne Blech muss beschleunigt und gebremst werden, um gerade mal 160 kg Mensch zu transportieren.

Kleinere Motoren laufen dagegen wesentlich häufiger in einem Zustand effizienter Verbrennung. Problem hierbei: der Betrieb in der Nähe der Vollast bedeutet, dass der Motor kaum Reserven (für Überholmanöver etc.) hat.

Welche Zukunftskonzepte gibt es?

Zur Zeit wird vor allem an zwei Alternativen gearbeitet, um die kleineren Motoren alltagsfähig zu machen.

Hybridantriebe mit Elektromotor:

Eine Möglichkeit, einem kleinen, effizienteren Verbrennungsmotor bei Bedarf doch noch zusätzliche Leistungsreserven zur Verfügung zu stellen, ist der Einbau eines zweiten Motors, der nur fallweise hinzugeschaltet wird. Hier bietet sich ein Elektromotor an. Die für die Beschleunigungen benötigte zusätzliche Energie wird aus Batterien entnommen, die bei gleichmäßiger Fahrt von dem Verbrennungsmotor wieder aufgeladen werden. Solche Hybridfahrzeuge funktionieren im Alltags-einsatz erstaunlich problemlos und bieten bei guten Fahrleistungen günstige Verbrauchswerte. Die ersten Modelle einer neuen Generation kommen gerade auf den Markt.

Aufladung / Turbotechnik: Eine andere Möglichkeit ist die sogenannte Aufladung. Mit dieser Technik ist zum Beispiel der SmILE von Greenpeace ausgerüstet: ein kleines Aggregat (beim SmILE ein Druckwellenlader) erhöht bei Bedarf den Ladedruck, eine Art „Turbobooster“. So kommt das Fahrzeug mit einem extrem kleinvolumigen Dreizylinder-motor aus – das spart Gewicht und Sprit. Daneben gibt es natürlich noch weitere Verbesserungen wie eine Reduzierung des Gewichts (etwa

durch Verwendung von Aluminium oder anderen Leichtbaumaterialien), oder eine intelligente Motorelektronik (z. B. Direkteinspritzung auch bei Benzinmotoren). In der Summe werden diese Verbesserungen, konsequent eingesetzt, den Verbrauch deutlich sinken lassen. Wer darauf allerdings nicht warten und direkt sparen will, für den haben wir im Folgenden einige Tipps zusammengestellt.



Auch in der klassischen Kfz-Technik steckt noch ein gehöriges Sparpotenzial.

Wie kann ich beim Autofahren Sprit sparen?

Eine Möglichkeit, ohne Veränderungen am Auto Benzin zu sparen, liegt in der besseren Ausnutzung des Motorwirkungsgrades. Der ist unter Volllast – das heißt bei voll durchgetretenem Gaspedal – am höchsten. Das bedeutet nicht, dass der Motor bei jedem Beschleunigen hochgejubelt werden soll, im Gegenteil: durch rechtzeitiges Hochschalten wird die Drehzahl niedrig gehalten. Tatsächlich haben moderne Motoren mit Drehzahlen knapp über dem Stottern keine Probleme mehr – schon eher die Menschen, die aus Gewohnheit jeden Gang voll ausfahren. Wer mit Eco-Driving also bis zu zwei Liter im Stadtverkehr sparen will, für den die folgenden Tipps:

- 1 **Direkt nach dem Anfahren in den zweiten und schon bald in den dritten Gang schalten, Faustregel: bei 30 in den 3., bei 40 in den 4. und bei 50 in den 5. Gang schalten**
- 2 **Den Drehzahlmesser (falls vorhanden) im Auge behalten: bei 2000 bis 2500 U/min ist es Zeit für den nächst höheren Gang**
- 3 **Mit dem Gaspedal nicht zu zögerlich umgehen: naturgemäß zieht der Wagen in den höheren Gängen erstmal weniger, hier darf das Gaspedal ruhig (gefühlvoll) durchgetreten werden**
- 4 **An der Ampel den Motor ausstellen, auch das spart Sprit. Die Anlasser sind heute so konstruiert, dass sie selbst bei häufigem Gebrauch die Lebensdauer des Motors weit übersteigen**
- 5 **Keinen unnötigen Ballast umherfahren (z. B. Schneeketten im Sommer)**
- 6 **Dachträger demontieren**
- 7 **Und schließlich: den Reifendruck maßvoll erhöhen**
- 8 **Weitere Spartipps und auch Adressen, wo Sie an einem Spritspar-Training teilnehmen können erfahren Sie im Internet: www.bg-dvr.de/fahrsparframe.html www.vcd.org (Themen/Autoverkehr) oder www.cleverfahren.de**

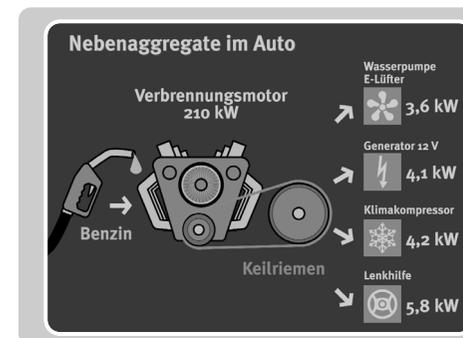
Welche Autos sind besonders umweltschonend?

Hierzu empfehlen wir den Blick auf folgende Internetseiten:

- www.swr-online.de/ratgeber-auto/tests/verbrauchstest.html
- www.wdr.de/tv/dschungel/autos/autos.html

Auf beiden Seiten findet man die Ergebnisse unabhängiger Fahrtests, die Anhaltspunkte für den durchschnittlichen Verbrauch vieler Serienwagen geben. Einen guten Überblick gibt auch die Auto-Umweltliste des Verkehrsclub Deutschland (www.vcd.org), die jährlich neu erscheint. Der VCD hat auch eine höchst lesenswerte Broschüre über „Alternative Antriebe“ veröffentlicht. Eine interessantere Alternative ist sicherlich der Gasantrieb, nicht nur weil Gas steuerlich begünstigt ist und von einigen Energie-

versorgern bezuschusst wird. Inzwischen gibt es auch Erdgasautos fertig zu kaufen und das könnte sich lohnen: Wer für 20 DM tankt, kann mit einem Benzin 130 km, mit einem Diesel 230 km, mit einem Gasauto aber 300 km weit fahren. Außerdem fährt ein Gasauto sehr sauber. Es entweichen weniger Schadstoffe und ein Viertel weniger CO₂, weil das Kohlenstoff-Wasserstoff-Verhältnis bei Gas günstiger ist als bei Benzin. Auch die wenigen Tankstellen (nur 160 in Deutschland) sind kein wirkliches Problem, die meisten Erdgasfahrzeuge fahren bivalent, lassen sich wahlweise also auch mit Benzin antreiben. Nähere Informationen beim Trägerkreis Erdgasfahrzeuge (www.erdgasfahrzeuge.de). Für Dieselfahrer ist der Umstieg auf Biodiesel empfehlenswert. Viele Fahrzeuge können damit ohne Umrüstung betankt werden (Hersteller fragen!), an inzwischen 800 Tankstellen. Weil Biodiesel nicht besteuert wird, ist er billiger als Dieselmotorkraftstoff. Biodiesel ist kein reines Rapsöl, sondern Rapsölmethylester, der aus Rapsöl und 10 Prozent Methanol hergestellt wird. Trotz dieses Verarbeitungsschrittes ist die CO₂-Bilanz dreimal günstiger als



Heimliche Energiefresser im Auto sind die vielen kleinen Helferlein. Allein Servolenkung (Lenkhilfe) und Klimaanlage dieser Luxuslimousine benötigen soviel Leistung wie ein kleines Auto zum Fahren.

Wieviel Heizenergie braucht ein Haus?

Wenn vom Wasserstoffauto und von Photovoltaik die Rede ist, wird allzu schnell vergessen, dass wir sehr viel Energie zum Heizen unserer Gebäude verbrauchen. Dabei steckt im Wärmemarkt ein großes – oft unterschätztes – Potenzial:

- Die Energiedienstleistung lässt sich ohne jeden Komfortverzicht einfach durch bessere Technik und Isolierung mit wesentlich weniger

Wärmedämmung den Energiebedarf zu senken. Hier sind im Neubaubestand durch die verschiedenen Wärmeschutzverordnungen schon beachtliche Erfolge erzielt worden (s. Grafik). Eine neue Energieeinsparverordnung wird die Niedrigenergie-Bauweise als Standard etablieren und – mit Übergangsfristen – auch Vorgaben für die Wärmedämmung von Altbauten machen. Sie soll noch im Jahr 2001 verabschiedet werden. Trotzdem gibt es längst Häuser, die noch wesentlich weniger Energie benötigen. Jede hier investierte Mark (s. Tabelle) dürfte sich auf lange Sicht mehrfach auszahlen, denn Häuser werden 50 bis 100 Jahre alt! Wer ein sparsames Haus bauen möchte, sollte sich auch Fertighäuser einmal anschauen. Sie sind auch in

| STANDARD | Standard heute nach WSWO 95 (10-l-Haus) | NEH nach EnEV 2001 (6-l-Haus) | Niedrig-Energiehaus (3-l-Haus) | Passivhaus (1,5-l-Haus) |
|----------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| BAUKOSTEN JE QUADRATMETER | 2.000 DM | 2.030 DM | 2.100 DM | 2.300 DM |

Energieeinsatz erbringen.

- Zur Bereitstellung einer vergleichsweise anspruchswenigen Energieform wie Wärme gibt es zahlreich leicht zugängliche Alternativen, wie zum Beispiel Solarkollektoren oder die Nutzung von Biomasse.

Am wichtigsten ist es, durch bessere

der 1,5- oder 3-l-Variante noch bezahlbar. Damit auch Mieter (und Eigentümer) überblicken können, wie sparsam oder verschwenderisch ihre Wohnung beheizt wird, gibt es analog zum Mietspiegel im Internet auch einen Heizspiegel (www.heizspiegel.de)

| Jahresverbrauch in kWh je Quadratmeter | Energiestandard | Gebäudetyp |
|--|-----------------------|-----------------------------|
| 20 | optimal A | Passiv-Haus |
| 50 | sehr gut B | gutes NEH |
| 80 | gut C | NEH/EnEV |
| 120 | befriedigend D | WSVO '95 |
| 160 | ausreichend E | WSVO '84 |
| 200 | mangelhaft F | Sanierungsbedarf |
| | ungenügend G | dringender Sanierungsbedarf |

Hier können Sie sofort erkennen, wie fortschrittlich Ihr Haus ist: Energiebedarf pro Quadratmeter ermitteln (1 l Heizöl entspricht ebenso wie 1 Kubikmeter Erdgas 10 kWh) und Energiestandard ablesen. NEH steht für Niedrigenergiehaus, WSWO für Wärmeschutzverordnung und EnEV für die geplante Energieeinsparverordnung (Quelle: Energieagentur NRW).

Welche Sparmaßnahmen lohnen sich?

Wer neu baut oder sein Haus energetisch auf den neuesten Stand bringen möchte, hat eine Vielzahl von Möglichkeiten. Weil sich aber jede Mark nur einmal ausgeben lässt,

sollte man vorrangig in jene Maßnahmen investieren, die in Relation zum finanziellen Aufwand eine besonders gute Ersparnis versprechen. Folgende Liste mag eine Richtschnur sein (Quelle: Ökotec Sonderheft Energie, s. Literatur). Wir empfehlen in jedem Fall, auch eine Energieeinsparberatung in Anspruch zu nehmen (s. nächste Frage).

NEUBAU

- +++ Ausrichtung des Hauses
- +++ Dämmung der Außenwand
- +++ Wind- und Luftdichte
- ++ kompakte Form
- ++ Räume gruppieren
- ++ Fenster mit niedrigem KF-Wert
- ++ Wärmebrücken
- ++ Gas-Brennwertheizung
- ++ Solarkollektoren*
- ++ Wärmerückgewinnung
- ++ Dach
- + Kellerdecke
- + Wärmespeicherung
- + Photovoltaikanlage*
- /+ Fensteranteil
- /+ Wintergarten
- Transparente Wärmedämmung
- Wärmepumpen

* = wirtschaftlich subventionsabhängig

ALTBAU (mögliche Ersparnis)

- +++ Dämmung Außenwand (40 %)
- +++ Dach (6 – 20 %)
- ++ Kellerdecke (2 – 4 %)
- ++ Luftdichtigkeit (12 – 62 %)
- ++ Fenster (14 – 58 %)
- ++ Lüftung mit Wärmerückgewinnung (16 – 40 %)
- + Wärmebrücken (6 – 36 %)
- + Heizungsregelung (8 – 32 %)
- + Neue Heizung (8 – 35 %)
- + Kontrollierte Lüftung (5 – 20 %)
- Wintergarten
- Photovoltaikanlage



Schon aus der Luft zu erkennen: Neubauteile sind oft Wärmelecks.



Neubauteile werden oft automatisch gelüftet. Aus der Abluft wird dabei wertvolle Wärme zurückgewonnen.

Wie kann man seinen Energieverbrauch halbieren?

Dieses ehrgeizige Ziel ist durchaus erreichbar. Ein Beispiel haben wir in unserer Sendung gezeigt. Nun müssen Sie nicht unbedingt selbst zur Styroporsäge greifen wie unser Sparfuchs Dr.-Ing. Hermann Knüfer aus Jülich. Auf der Hand liegt, dass eine gute Isolierung, richtiges Stoßstätt-Dauerlüften und natürlich eine nicht zu hohe Raumtemperatur den Energieverbrauch senken. Wenn Sie ernst machen wollen mit dem Energiesparen, sollten Sie jedoch eine Energiesparberatung in Anspruch nehmen. Alle uns bekannten Angebote werden großzügig gefördert:

Die **Bundesregierung** fördert die ausführliche Energiediagnose von Gebäuden in einer "Vor-Ort-Beratung" mit maximal 650 DM. Mindestens 336 DM trägt der Eigentümer. Informationen dazu unter www.rkw.de/online.htm, beim Bund der Energieverbraucher (www.energienetz.de) oder beim Bundesamt für Wirtschaft (www.bawi.de), Referat II 1, Frankfurter Str. 29-31, 65760 Eschborn, Tel. 06196/4044-02 oder -03, bundesamt@bawi.de

Die **Energieagentur NRW** bietet einen „Gebäude-Check Energie“ an. 1999 wurden 2500 Gebäude unter die Lupe genommen. In vier von zehn Fällen wurde anschließend investiert, und zwar im Schnitt 10.000 DM. Dadurch konnte der Energieverbrauch oft halbiert werden! Von den Kosten (DM 150,-) muss der Eigentümer lediglich 50 Mark tragen.

Elektrogeräte sollten Sie grundsätzlich nur noch mit dem Energielabel „A“ kaufen. Eine Liste zur Auswahl hat die Energieagentur NRW veröf-

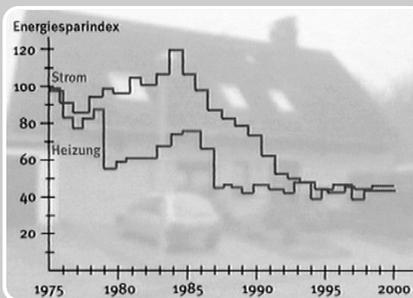
fentlicht. Informationen unter www.ea-nrw.de. Eine Liste besonders sparsamer Unterhaltungs- und Informationselektrotechnik ist unter www.energielabel.de als PDF-Dokument abzurufen.

HEIMLICHE STROMFRESSER

Standby-Schaltungen verbrauchen sehr viel Energie, bundesweit rund 20 Mrd. kWh pro Jahr. Alternative: Bessere Geräte (www.energielabel.de), schaltbare Steckdosenleisten und Sparnetzteile für alle Geräte, die mit Steckernetzteilen betrieben werden (0,2 statt 2 bis 4 W Leerlauf-Verlustleistung). Gibt's zum Beispiel bei www.elv.de.

Der Stromverbrauch von Wäschetrocknern summiert sich auf 3 Mrd. kWh jährlich, fast ein **Viertel** des Stroms, der aus Wind gewonnen wird. Alternative: Schrank- oder Gastrockner (Sparpotential 2/3) oder am besten: die Wäscheleine!

Das Online-Zeitalter ist übrigens alles andere als ein Energie-Schlaraffenland. Prof. Lothar Götsching von der TU Darmstadt hat ausgerechnet, dass online gelesene und insbesondere von Nutzer selbst ausgedruckte WWW-Zeitungen erheblich mehr Energie benötigen als die klassische Printversion (Quelle: c't 17/00, S. 180).



Energiesparen ist Hermann Knüfers Passion. Er konnte seinen Verbrauch durch zahlreiche Maßnahmen halbieren.

Was ist ein Plus-Energie-Haus?

Plus-Energie-Häuser sind streng genommen eine Mogelpackung. Letztlich handelt es sich dabei um extrem gut gedämmte Passivhäuser, deren Dächer mit Sonnenkollektoren und Photovoltaikmodulen bestückt wurden. Passivhäuser gibt es in Deutschland rund 600 (Stand: Januar 2001). In Wuppertal-Vohwinkel entstand zum Beispiel eine ganze Siedlung mit 22 Häusern. Sie sind so gut gedämmt, dass nur die Badezimmer mit Heizkörpern ausgerüstet werden mussten.



In Freiburg am Schlierberg baut Solararchitekt Rolf Disch eine ganze Siedlung mit Plus-Energie-Häusern.

Energie-szenarien

5

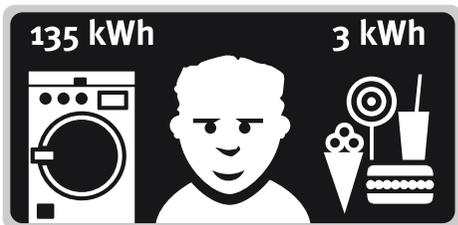
Wie errechne ich meine persönliche Energiebilanz?

Eine persönliche Energiebilanz exakt zu errechnen ist fast unmöglich. Der Energieaufwand für jedes gekaufte Produkt müsste an Hand der Produktionskette zurückverfolgt werden. Außerdem müssten öffentliche Angebote mit ihrem Energiebedarf auf den einzelnen Nutzer zurückgerechnet werden. Eine erste grobe Abschätzung gibt der Verbrauch an Primärenergie pro Kopf in Deutschland: Das sind jährlich 6 Tonnen

Steinkohleeinheiten oder gut 50.000 Kilowattstunden (kWh) bzw. 5000 Liter Heizöl. Zum Vergleich: Ein Mensch setzt aus der Nahrung im Durchschnitt täglich 3 kWh um, also rund 1100 kWh pro Jahr. Jeder Deutsche beschäftigt

den. In diesen Rechenfaktoren ist z. B. berücksichtigt, dass für Ihren Strom 3,3 mal mehr Primärenergie verbraucht wurde, als bei Ihnen als Endenergie ankommt. Für die Kohlendioxid-Bilanz (CO₂) spielt schließlich noch die CO₂-Intensität der verschiedenen Energieträger eine Rolle (s. S. 17 rechts unten).

Die Faktoren, mit denen in unserer Rechentabelle multipliziert wird, sind natürlich nur Durchschnittswerte. Das Endergebnis ist also nur ein geschätzter Wert. Bei dem für Sie errechneten



| | Strom | Gas | Öl | Kohle | Fernwärme | Benzin | Diesel | Summe |
|--------------------------------------|--------|----------------|--------|--------|-----------|--------|--------|-------|
| Endenergieverbrauch | kWh | m ³ | l | kg | kWh | l | l | |
| (Umrechnungsfaktor) in kWh | x 1 | x 10 | x 10 | x 8,14 | | x 10 | x 10 | |
| Endenergieverbrauch | kWh | kWh | kWh | kWh | | kWh | kWh | kWh |
| (Verlustfaktor) | x 3,3 | x 1,06 | x 1,08 | x 1,1 | | x 1,08 | x 1,08 | |
| Primärenergieverbrauch in kWh | kWh | kWh | kWh | kWh | | kWh | kWh | kWh |
| (CO ₂ -Intensitätsfaktor) | x 0,18 | x 0,19 | x 0,27 | x 0,35 | x 0,1 | x 0,24 | x 0,27 | |
| (CO ₂ -Ausstoß in kg) | kg | kg | kg | kg | kg | kg | kg | kg |

also gewissermaßen rund um die Uhr 45 kommerzielle Energiediener. Ein Teil des eigenen Verbrauchs lässt sich allerdings relativ leicht zurückverfolgen: Strom- und Gaszähler sind schnell abgelesen. Die Heizölrechnung liegt vor. Außerdem lässt sich vielleicht aus dem Tachostand rekonstruieren, wie viel Benzin über das Jahr verbraucht wurde.

Setzen Sie doch mal diese Zahlen in die Zeile Endenergieverbrauch unseres Energiebilanzrechners ein. Wenn ein Brennstoff bei Ihnen keine Rolle spielt, lassen Sie das entsprechende Feld einfach frei. Jetzt geht's ans Rechnen: Zunächst werden die einzelnen Verbräuche durch Multiplikation mit einem Umrechnungsfaktor in Kilowattstunden umgerechnet. Nun muss noch der dazugehörige Primärenergieverbrauch ermittelt werden

den Jahresverbrauch an Primärenergie fehlen die schwerer zu berechnenden Werte. Der Kohlendioxidausstoß pro Kopf liegt in Deutschland bei 11.000 Kilogramm im Jahr. Einem Teil davon sind Sie durch die Musterrechnung nun auf die Schliche gekommen.

Wie entwickelt sich der deutsche Energieverbrauch?

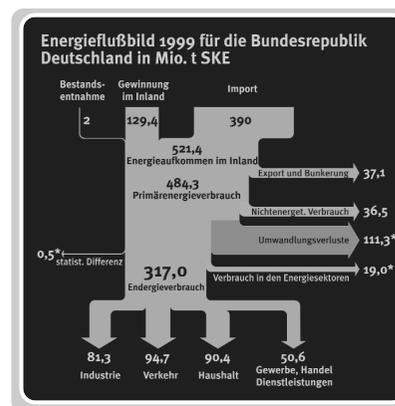
Mit der Ölkrise Anfang der Siebziger Jahre veränderte sich in Westdeutschland vor allem in der Industrie die Versorgungsstruktur. Industriebetriebe sind – anders als Haushalte und Kleinverbraucher – relativ unabhängig von den großen Energieversorgungsunternehmen. Große Betriebe konnten also aktiv werden und eigene Kraftwerke bauen. Durch Anlagen in Kraft-Wärme-Kopplung und sparsamere Produktionstechniken wurde

der Energieverbrauch drastisch gesenkt. Trotz Wirtschaftswachstum benötigt heute der Industriesektor in alten und neuen Bundesländern zusammen weniger Energie, als von der Industrie 1970 noch allein in Westdeutschland verbraucht wurde. Eine deutliche Zunahme des Energieverbrauchs gibt es dagegen beim Verkehr und den Haushalten. In den alten Bundesländern waren es von 1970 bis 1990 20 Prozent. Seit dem steigert sich der Energieverbrauch der Haushalte nur noch minimal. Der Verbrauch für Verkehrsmittel ist dagegen in den letzten zehn Jahren noch einmal um 13 Prozent angestiegen.

Wie nahe ist Deutschland dem selbstgesteckten Klimaziel?

Der durch die Nutzung fossiler Energieträger wie Öl, Erdgas und Kohle erzeugte hohe Ausstoß von Kohlendioxid droht unser Klima nachhaltig zu verändern. Deutschland hat sich selbst

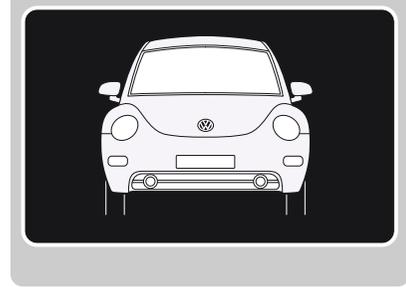
verpflichtet, diesen Ausstoß von 1990 bis 2005 um 25 Prozent zu reduzieren. Niemand kann in die Zukunft sehen, aber dieses Ziel auch wirklich zu erreichen dürfte sehr schwierig werden. Ende 1997, sozusagen Halbzeit, waren zwar fast 12% Reduzierung geschafft (894 Megatonnen 1997 gegenüber 1014 Megatonnen 1990). Im gleichen Zeitraum hat der Primärenergieverbrauch aber nur um 3% abgenommen. Die Differenz ist leicht zu erklären: Im Zuge der deutschen Einheit wurden im Osten der Republik zahlreiche Kraftwerke von Kohle auf Gas umgestellt. Die sogenannte CO₂-Intensität von Gas ist aber nur etwa halb so hoch wie die von Kohle, d.h. beim Verbrennen derselben Energiemenge wird nur halb so viel Kohlendioxid frei. Grund dafür ist das günstigere Verhältnis von Kohlenstoff zu Wasserstoffatomen im Gasmolekül. Weil die Umstellung von Kohle auf Gas weitgehend abgeschlossen ist, dürfte die weitere Reduktion des Kohlendioxidausstoßes weit schwieriger werden.



Verkehr und Haushalte haben einen erheblichen Anteil am Energieverbrauch.

CO₂-Emission verschiedener Energieträger bei vollständiger Umsetzung:
 Gas 0,19 kg/kWh
 Steinkohle 0,33 kg/kWh
 Braunkohle 0,41 kg/kWh

Übrigens entsteht beim Verbrennen von 1 l Diesel soviel CO₂ wie bei 1,135 l Benzin.



Wie kann man die Kohlendioxid-Produktion verringern?

Die erste Maßnahme dafür ist relativ leicht umzusetzen: die notwendigen Energiedienstleistungen möglichst effizient erbringen. Allein durch den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung ließe sich in Deutschland eine riesige Menge an Heizenergie einsparen. Das entspräche einer Verminderung des Kohlendioxidausstoßes um etwa neun Prozent.

Die zweite Maßnahme ist der Ausbau von erneuerbaren Energien, die kein Kohlendioxid freisetzen. Auch die Verbrennung von Biomasse gilt als CO₂-neutral, denn das beim Verbrennen freigesetzte Kohlendioxid wurde zuvor während des Wachstums der Pflanzen durch die Photosynthese eingelagert. Der Ausbau der erneuerbaren Energien ist nur Schritt für Schritt bezahlbar und erfordert eine sehr langfristige Planung. Insgesamt wäre es möglich, in Deutschland den Anteil der erneuerbaren Primärenergie von derzeit gut einem Prozent auf 60 Prozent zu erhöhen (S. 20).

Nach dem Ende der Monopole im Strommarkt kann jeder Haushalt einen Beitrag zur Verringerung des Kohlendioxidausstoßes leisten, indem er einen Anbieter wählt, der Strom aus erneuerbaren Energieträgern produziert. Wer zertifizierten „grünen Strom“ bezieht, kann sicher sein, dass bei der Auswahl vor allem die erneuerbaren Energien mit großem Wachstumspotential berücksichtigt werden und nicht längst abgeschriebene alte Wasserkraftwerke. Informationen zu grünem Strom finden Sie bei Internationalen Wirtschaftsforum Regenerative Energien (www.iwr.de) im Internet: www.stromtarife.de/rechner/zertifizierung.html.

Wieviel Energie wird weltweit verbraucht?

1999 wurden weltweit etwa 13 Milliarden Tonnen Steinkohleeinheiten an Primärenergie verbraucht. Diese Energie verteilt sich allerdings sehr ungleich: Ein Nordamerikaner verbraucht durchschnittlich pro Jahr etwa 10 Tonnen Steinkohleeinheiten, ein Deutscher etwa sechs und ein Inder dagegen nur etwa eine halbe Tonne Steinkohleeinheiten.

Ein Viertel der Weltbevölkerung verbraucht drei Viertel des Weltstrombedarfs.

Das Gefälle zwischen den Industrienationen und dem Rest der Welt ist recht stabil: Afrika verbraucht nur ein Zehntel der Energie Nordamerikas. Nordamerika und Europa verbrauchen allein mehr Energie als der Rest der Welt. Ausführliche Informationen zum Weltenergieverbrauch gibt es u.a. beim Ölmulti BP (www.bp.com/worldenergy).

Was sagen Szenarien über den zukünftigen Energieverbrauch?

Es gibt zwei Arten von Szenarien. Das eine sind die so genannten Trend-szenarien. Dabei geht man davon aus, dass sich die Rahmenbedingungen nicht wesentlich ändern. In Deutschland würde demnach der Primärenergieverbrauch und der Kohlendioxidausstoß in etwa gleich bleiben. Die Klimaschutzvereinbarungen werden in diesem Fall also nicht erfüllt. Weltweit würde sich innerhalb der nächsten 50 Jahre der Kohlendioxidausstoß und die Bevölkerungszahl mehr als verdoppeln.

Das Ende der fossilen Energieträger wird nicht erst kommen, wenn die Vorräte erschöpft sind. Man geht inzwischen davon aus, dass uns zuvor der Klimawandel zwingt, den Verbrauch an Kohle, Öl und Gas drastisch zurückzuschrauben.

Die zweite Sorte sind so genannte **Ausbauszenarien**, die voraussetzen, dass künftig Energieeffizienz und erneuerbare Energien kräftig gefördert werden, auch um die vereinbarten Klimaschutzziele zu erfüllen. Diese Studien gehen übereinstimmend davon aus, dass in Deutschland erst einmal alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden müssen, Energie rationeller zu erzeugen. Außerdem sollen die Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen bis zum Jahr 2010 mindestens verdoppelt werden. Daran sollen Biomasse, Windkraft und solare Wärmeerzeugung den größten Anteil haben. Trotz großen Wachstums ist Solarstrom 2010 immer noch unbedeutend. Langfristig soll sich das jedoch ändern: Selbst die Studie eines Mineralölkonzerns schätzt für das Jahr 2050 den weltweiten Anteil von Solarstrom auf mehrere Milliarden Tonnen Steinkohleeinheiten.

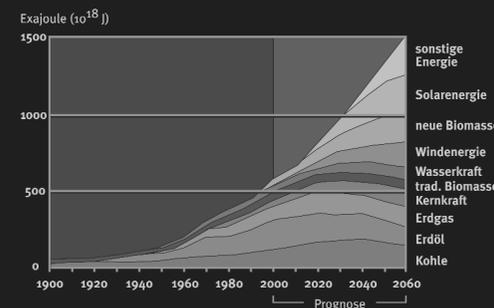
Erneuerbare Energiequellen

6

Was heißt „erneuerbare Energie“?

Erneuerbare oder auch regenerative Energien heißen alle Primärenergien, die – in menschlichen Dimensionen gesehen – unerschöpflich sind. Alle erneuerbaren Energien gehen auf drei grundlegende Quellen zurück: Erstens die auf der Gravitationskraft beruhende Planetenbewegung, durch die Gezeitenkraftwerke möglich sind. Zweitens die Erdwärme, mit der ein geothermisches Kraftwerk oder Heizwerk betrieben werden kann. Alle übrigen erneuerbaren Energien gehen auf die dritte – wichtigste – Quelle zurück, die Strahlungsenergie der Sonne, die letztlich auf Kernfusion im Sonneninneren beruht: Die Strahlungsenergie kann direkt in einer Solarzelle in Strom oder in einem thermischen Kollektor in Wärme umgewandelt werden. Die Strahlung der Sonne ist auch die Grundlage der Photosynthese und ermöglicht so das Wachstum der Pflanzen und damit die Nutzung von Biomasse (oder besser: von Bioenergie-trägern). Außerdem lässt sich die Erwärmung der Atmosphäre und

Szenario Weltenergieverbrauch



Dieses Szenario stammt nicht von einer Umweltorganisation, sondern vom Mineralölmulti Shell. Vorgabe war, eine „nachhaltige Entwicklung“ zu prognostizieren.

Oberfläche der Erde nutzen, beispielsweise mit einem Meeresthermoelektrischen Kraftwerk oder einer Wärmepumpe. Auf dieser Quelle beruhen auch Verdunstung und Niederschlag und damit das Wasserkraftwerk. Die Erwärmung erzeugt außerdem Wind, der direkt in Windkraftanlagen oder indirekt in Wellenkraftwerken genutzt werden kann.

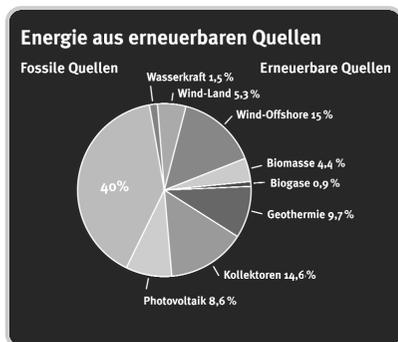
Welche Zukunft haben erneuerbare Energiequellen?

Die Bundesregierung hat im Jahr 2000 wesentliche Weichen zum Ausbau erneuerbarer Energiequellen gestellt, insbesondere ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG, nachzulesen unter www.wind-energie.de) zu nennen. Damit erscheint das 1997 von der EU und 2000 von der Bundesregierung formulierte Ziel, eine Verdopplung bis 2010, durchaus wie-

Nordrhein-Westfalen fördert seit 1987 erneuerbare Energiequellen im REN-Programm und überbrückte damit manche Durststrecke, wenn Bundesmittel nur spärlich flossen. Dadurch ist neue Energietechnik ein wichtiger Wirtschaftszweig geworden. Für eine zukunftsfähige Energieversorgung engagieren sich auch die Landesinitiative Zukunftsenergien (www.energieland.nrw.de) und die Energieagentur (www.Energieagentur-NRW.de).

der erreichbar, zumal aus den Ländern weitere Fördermittel kommen. In einer Studie für das Bundesumweltministerium (www.bmu.de/download/b_nutzungerneuerbar.htm) hat eine Reihe namhafter Institute das technische Potenzial erneuerbarer Energiequellen abgeschätzt. Insgesamt könnten so 60 Prozent des heutigen Primärenergieaufkommens gedeck-

kt werden. Allerdings sind momentan erst knapp zwei Prozent dieses Potenzials ausgeschöpft. Die verschiedenen Energieträger kommen unterschiedlich schnell zum Zuge: Am weitesten entwickelt ist die bereits weitgehend ausgebaute traditionelle Wasserkraft. Geradezu stürmisch hat sich die Windkraft entwickelt. Ein erhebliches Potenzial haben auch Sonnenkollektoren zur Wärmeerzeugung und Biomasse- bzw. Biogasanlagen. Erdwärme und Solarstrom wird bisher kaum genutzt. Doch auch hier ist ein erster Schritt getan: In Werne-Fürstenthorp steht Europas größte Erdwärme-Solarsiedlung.



Um das Potenzial auszuschöpfen, muss man nicht nur Strom aus erneuerbaren Energie machen. Mindestens genauso wichtig ist der Wärmemarkt.

Eine selbstgebaute Solarzelle (Farbstoffzelle)



Wie funktioniert die Früchtetee-Solarzelle?

Der Farbstoff aus dem Früchtetee absorbiert das auftreffende Licht und gibt die aufgenommene Energie in Form von Elektronen wieder ab. Die wandern über den Halbleiter Titandioxid zur leitfähigen Beschichtung und versorgen den Taschenrechner mit Strom. Nach diesem Prinzip aufgebaute Solarzellen sind nicht bloß Spielerei. Am Institut für angewandte Photovoltaik in Gelsenkirchen wird intensiv daran geforscht. Dort hofft man, mit dieser Technik eine besonders kostengünstige Alternative zu den bisherigen auf Basis von Silizium gefertigten Zellen zu entwickeln. Nähere Informationen zur Photovoltaik finden sich auf den ausführlichen und sehr informativen Internetseiten des Hahn-Meitner-Instituts Berlin: http://www.hmi.de/dv/multimedia/solar_energy

Wie teuer ist Solarstrom?

Eine Photovoltaikanlage, die in Deutschland den Strombedarf eines Zweipersonenhaushalts deckt (das sind rund 1800 Kilowattstunden), kostete im Januar 2001 etwa 40.000 Mark (die Preise steigen aufgrund der

großen Nachfrage derzeit deutlich an). Eine solche Anlage hat eine Spitzenleistung von 2,5 Kilowatt (abgekürzt: kWp) und braucht knapp 30 Quadratmeter Dachfläche. Mit der Angabe kWp lassen sich unterschiedliche Anlagen miteinander vergleichen, unabhängig davon, wo sie betrieben werden. Eine mittelgroße Anlage kostet also derzeit 16.000 Mark pro kWp, kleinere Anlagen sind teurer. Für kommerziell betriebene Großanlagen sinkt der Preis auf 10.000 Mark pro kWp. Ein Solarmodul mit einer Leistung von einem kWp erzeugt in Deutschland durchschnittlich 700 bis 800 Kilowattstunden Strom pro Jahr; in sonnenreichen Gegenden, wie dem Freiburger Raum, noch mehr. Da es sich bei der Solarzellenproduktion noch um einen jungen Industrie-

Einfache Solaranlagen zum Beispiel zur Stromversorgung einer Gartenterrasse gibt es bereits für einige hundert Mark.

zweig handelt, sind auf lange Sicht wesentlich niedrigere Preise zu erwarten. Marktstudien sagen eine Preissenkung von 50 bis 75 Prozent innerhalb der nächsten 20 Jahre voraus.

- Titandioxid (Hauptbestandteil von weißer Wandfarbe) auf ein leitfähiges beschichtetes Glas auftragen
- verstreichen und mit einem Spiritusbrenner einbrennen
- Glasplättchen in Früchtetee tauchen
- Gegenelektrode mit Graphit aktivieren (d. h. mit Bleistift bemalen)
- Gegenelektrode und Früchteteeplättchen zusammenkleben
- Jodlösung einziehen lassen
- Zwei Krokodilklemmen als Anschluss anklammern
- Solarzellen in Serie schalten und Taschenrechner betreiben

Alle Bestandteile für die Früchteteezelle lassen sich als Bausatz beziehen unter: <http://www.solarcentury.nl>

WAS KOSTET STROM UND WÄRME?

| | Kosten für 1 kWh Wärme (Pf) | Kosten für 1 kWh Strom (Pf) |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Kohle, Öl, Gas | 6 - 10 | |
| Wasserkraft | 11 - 37 | |
| Wind | 14 - 19 | |
| Solarwärme | | 20 - 50 |
| Photovoltaik | 100 - 150 | |
| Solarthermische Stromerzeugung | 10 - 22 | |
| Biomasse | 13 - 36 | 3 - 23 |
| Geothermisches Heizwerk | | 5 - 29 |
| Wärmepumpe | | 33 - 39 |
| Ölheizung/Gas-Brennwertkessel | | 6 - 28 |

Die Zahlen sind das Ergebnis einer Vollkostenrechnung, schließen also Verzinsung des Kapitals, Abschreibung, Wartung etc. ein. (Quelle: Jahrbuch Erneuerbare Energien 2000 u. a.)

Bei Solarzellen beträgt die sogenannte Rücklaufzeit drei bis fünf Jahre. In dieser Frist haben die Zellen den für ihre Produktion nötigen Strom wieder produziert.

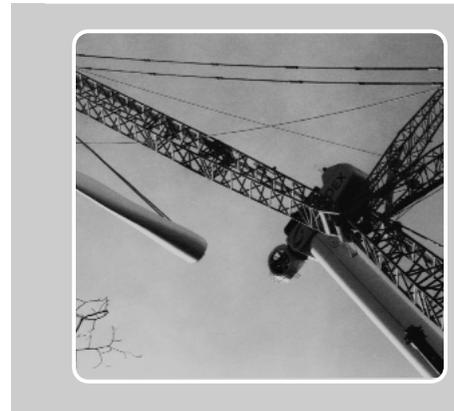
Ein Export von Solarenergie nach Nordamerika und Europa (beispielsweise mit Wasserstoff als Speichermedium) ist dagegen auf absehbare Zeit nicht wirtschaftlich. Erst wenn in den Industrienationen sämtliche südlich ausgerichteten Dächer genutzt sind, wird Solarstrom als Exportprodukt der südlichen Länder relevant werden – niedrigere Preise und eine entwickelte Speichertechnologie vorausgesetzt. Für sonnenreiche Länder gibt es jedoch bereits eine Alternative zur Photovoltaik: die solarthermische Stromerzeugung aus Sonnenenergie. Dabei wird gebündeltes Sonnenlicht zur Dampferzeugung genutzt. Wie in einem klassischen Wärmekraftwerk erzeugt eine Kombination aus Turbine und Generator daraus Strom – zu Preisen, die mit 10 bis 22 Pfennig pro Kilowattstunde weit unter denen photovoltaischer Stromerzeugung liegen.

Wie und wo nutzt man die Windenergie?

Windenergie gilt als die „Dynamische“ unter den erneuerbaren Energiequellen. Sie hat sich in jeder Hinsicht in den vergangenen zehn Jahren stürmisch entwickelt und alle Prognosen übertroffen. 1990 wurden gerade einmal 40 Gigawattstunden Windstrom produziert. Die zu Jahresbeginn 2001 installierten 9.375 Windräder dürften bis zum Jahresende rund 11.500 Gigawattstunden ins Netz eingespeist haben.

Müsste man Solarstrom nicht in der Wüste produzieren?

Zweifellos gibt es in Wüstenregionen eine höhere Sonneneinstrahlung und damit eine bessere Ausbeute. Ganz besonders in Regionen mit schwacher Infrastruktur, die kein Stromnetz besitzen, ist Photovoltaik der beste Weg, um Siedlungen und Gehöften eine Grundversorgung mit Strom zu ermöglichen. In einer solchen Insellage sind Solarzellen schon heute rentabel.



Aus den Selbstbaugeräten der ersten Generation sind High-Tech-Kraftwerke geworden.

Die derzeit größten lieferbaren Windräder haben eine Leistung von 2,5 MW und können je nach Standort 1000 bis 2000 Haushalte mit Strom versorgen. Zur Zeit werden besonders viele Windräder im Binnenland installiert, weil die windreichen Küstenstandorte weitgehend besetzt sind. Ein enormes Potenzial verspricht jedoch die Offshore-Nutzung, das heißt: Windräder auf hoher See. Hier weht der Wind 50 bis 100% kräftiger als an Land. Schon 2004/2005 sollen die ersten Offshore-Windparks ans Netz gehen.

Wie umweltverträglich ist die Windenergie?

Moderne Windturbinen erzeugen binnen 3 bis 4 Monaten (Küste) beziehungsweise 6 bis 7 Monaten (Binnenland) soviel Energie, wie zu ihrer Herstellung aufgewendet wurde. Beim Umströmen des Rotorblattes entsteht Schall. Aus den Problemen in der Anfangszeit haben Hersteller, Betreiber und Behörden gelernt. Sehr genau wird jetzt darauf geachtet, dass die Schallemissionen insbesondere die Nachtruhe nicht stören. Die Geräusche haben auch einen positiven Effekt: Vögel werden gewarnt. Das Risiko von Vogelschlag ist niedriger als zum Beispiel bei Hochspannungsmasten.

| Jahr | Anlagen | Gesamtleistung (MW) |
|------|---------|---------------------|
| 1988 | 137 | 9 |
| 1990 | 488 | 62 |
| 1992 | 1133 | 174 |
| 1994 | 2544 | 632 |
| 1996 | 4381 | 1550 |
| 1998 | 5800 | 2672 |
| 2000 | 9375 | 6113 |

Bei der installierten Windkraftleistung ist Deutschland weltweit führend. Der Bundesverband für Windenergie rechnet für 2010 mit 22.000 MW Gesamtleistung.

Oft werden als Argument gegen die Windenergie auch „sekundäre Störungen“ durch den Rotor genannt, also Reflexionen oder Schattenwurf. Befürchtungen sind meist unbegründet, denn man kann im voraus sehr genau ausrechnen, wie oft es zu einer Beeinträchtigung der Nachbarn eines Windrades kommt. Etwa 15 Stunden pro Jahr gelten als hin-

nehmbar. Treten Schlagschatten häufiger auf, müßte das Windrad bei entsprechendem Sonnenstand stillgelegt werden.

Welche Chancen hat die Biomasse?

Biomasse ist enorm vielseitig; die wichtigsten Energieträger sind: Klärgas, Biogas (aus Gülle, Mist, Reststoffen aus der Lebensmittelindustrie oder organischen Haushaltsabfällen), Holzhackschnitzel und Holzpellets aus Waldrestholz oder Holzresten aus der Industrie sowie Stroh. Aufgrund des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und einer zusätzlichen Förderung haben Bio-Kraftwerke in Deutschland gute Marktchancen. Experten sagen, jetzt komme die „Dekade der Bioenergie“. Wärme aus Biomasse-Heizwerken oder modernen Zentralheizungen für Holzhackschnitzel wird durch die Ökosteuer auf Öl und Gas wettbewerbsfähig. Ein Großteil der verwendbaren Bio-Rohstoffe sind Abfälle. Schon in den nächsten Jahren werden sich bei einem modernen Biomasse-Kraftwerk die Stromerzeugungskosten bei etwa 10 Pfennig pro Kilowattstunde einpendeln. Derzeit wird in Deutschland etwa ein halbes Prozent der Primärenergie mit Biomasse erzeugt. In den nächsten 20 Jahren könnte sich die Nutzung der Biomasse verzehnfachen, und das praktisch ohne Fördermittel. In dieser Abschätzung ist – abgesehen von Raps für Biodiesel – noch nicht einmal der zusätzliche Anbau von „Energiepflanzen“ berücksichtigt. Wie eine Untersuchung der Landesanstalt für Pflanzenbau in Forchheim (www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lap/agraroek/) zeigt, sind Energiepflanzen (v. a. Getreidestroh, Hanfstroh und Miscanthus) konkurrenzfähig zu Heizöl, sobald dessen Preis 50 bis 60

Pfennig übersteigt. Vorreiter bei der Biomasse sind Schweden und Österreich, die schon heute über zehn Prozent ihres Energiebedarfs auf diese Weise decken.

Welche „Regenerativen“ kann ich zuhause nutzen?

Die wichtigste „regenerative Energiequelle“ im Haus ist das Einsparpotenzial an Energie. Das betrifft den Wärmeschutz, aber auch die sparsame Nutzung von Strom (möglichst nur für spezifische Anwendungen wie Licht, Kälte, Motore und Information). Bei einem Schrägdach mit Ausrichtung nach Süden bietet es sich an, die Strahlungsenergie der Sonne gezielt zu nutzen. Erste Möglichkeit: ein Kollektor zur Warmwasserbereitung. Ganz besonders gefördert wird derzeit die zweite Möglichkeit, die Sonne zu nutzen: die Erzeugung von Solarstrom. Im Rahmen des 100.000-Dächer-Programms gewährt die Kreditanstalt für Wiederaufbau für Photovoltaik einen Förderkredit in Höhe von 13.500 Mark je kWp Leistung der Anlage (der jährliche Zinssatz beträgt derzeit 1,9 Prozent). Wer einen Antrag stellt, muss wegen der großen Nachfrage momentan allerdings mit Wartezeiten rechnen. Eine zusätzliche Förderung ist direkt an den Ertrag der Anlage gekoppelt: Für jede Kilowattstunde Strom, die die Anlage produziert, gibt es 99 Pfennig als Einspeisevergütung über einen Zeitraum von 20 Jahren. In einigen Bundesländern gibt es darüber hinaus noch zusätzliche Fördermittel, zum Beispiel durch das REN-Programm in Nordrhein-Westfalen, die allerdings meist an spezielle Bedingungen geknüpft sind. Wer beim Wärmeschutz oder erneuerbarer Energie aktiv werden will, sollte sich vorher unbedingt gründlich über Fördermöglichkeiten beraten lassen.

Kontakte

Beratung zu Förderprogrammen

Bine Informationsdienst, Tel.: 0228-92379-0, Informationen und Downloadangebote im Internet: <http://bine.fiz-karlsruhe.de>

Ein sehr empfehlenswerte und umfassende Sammlung von Informationen und Links bietet: <http://www.energielinks.de/>

Eine bis auf die Telefonkosten kostenfreie Fördermittel-Hotline bietet Schwäbisch Hall Immobilien an: 0180-5 00 1780 (24 Pf/min)

Die Vanity-Nummer 0800-SOLARoo, also 0800-765 27 00, verbindet Sie direkt mit dem nächstgelegenen Solarzentrum.

Bundesweite Förderprogramme

(beispielsweise 100.000-Dächer-Programm):

Informationszentrum der Kreditanstalt für Wiederaufbau, Tel.: 01801-33 55 77, email: iz@kfw.de, Internet: <http://www.kfw.de>

Bundeswirtschaftsministerium/Bundesamt für Wirtschaft Tel.: 06196-4040, Fax: 06196-94 22 6, Internet: <http://www.bawi.de>

Förderung auf Länderebene

Nordrhein-Westfalen (REN-Programm und anderes): Infotelefon des Landesinstituts für Bauwesen: 0231-2 86 80 <http://www.lb.nrw.de>

Was sind Brennstoffzellen?

Brennstoffzellen können aus einem Brennstoff (meist Wasserstoff) und Sauerstoff (oft reicht der Sauerstoff der Luft) direkt Strom produzieren. Verglichen mit anderen Methoden (Ottomotor, Wärmekraftwerk) haben Brennstoffzellen eine Reihe von Vorteilen, die sie zum Hoffnungsträger für zukünftige Energiekonzepte machen:

Effizient:

Brennstoffzellen erzielen hohe Strom-Wirkungsgrade von bis zu 60 %, auch im Teillastbetrieb (als BHKW bis 90 %).

Sauber:

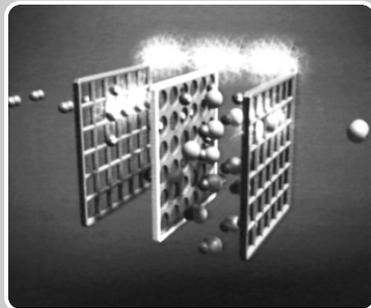
Brennstoffzellen produzieren wenig Schadstoffe

Leise:

Brennstoffzellen arbeiten im Prinzip geräuschlos und vibrationsfrei

Variabel:

Brennstoffzellen lassen sich für viele Leistungsklassen herstellen, von einigen Milliwatt bis zu mehreren Megawatt, und eignen sich gut für die Kraft-Wärme-Kopplung.



Durch die Membran in der Mitte werden die Wasserstoffionen geschleust, die Elektronen nehmen den äußeren Umweg über den Stromverbraucher.

stoffzelle Strom. Dazu muss der Wasserstoff auf der Wasserstoffseite zerlegt werden. Jedes Wasserstoff-Gasmolekül wird gespalten: in zwei Elektronen und zwei Protonen. Die Protonen werden durch die Membran auf die Sauerstoffseite geschleust. Die Elektronen fließen durch den Stromkreis dorthin. Auf der Sauerstoffseite herrscht nämlich Elektronenmangel. Hier entsteht aus Protonen, Elektronen und Sauerstoff ganz normales Wasser. Hauptprodukt der Brennstoffzelle ist Strom, es entsteht aber auch Abwärme. Sie kann in Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerken (BHKW) jedoch genutzt werden.

Wie funktioniert die Brennstoffzelle?

Ein Brennstoffzellenstapel besteht aus vielen einzelnen Brennstoffzellen. Bei der PEM-Brennstoffzelle (s. nächste Frage) hat jede Zelle zwei gitterartige Elektroden, getrennt durch eine Membran. Von einer Seite kommt Wasserstoff (Bild links), von der anderen Sauerstoff. Daraus macht die Brenn-

Welche Brennstoffe sind nutzbar?

Die eine Brennstoffzelle gibt es gar nicht, vielmehr konkurrieren fünf bis sechs unterschiedliche Typen miteinander. Sie alle sind eine moderne Interpretation der Idee des englischen Physikers Sir William Grove, der schon 1839 die „kalte Verbrennung“ beschrieb. Einen Überblick über die verschiedenen Brennstoffzellentypen gibt

die Tabelle. Welcher Typ das Rennen machen wird, ist derzeit offen – zumal jedes Prinzip seine spezifischen Vor- und Nachteile hat. Viele Fragen sind bei Brennstoffzellen noch nicht geklärt: Sie sind nicht nur noch viel zu teuer, sondern sie halten oft auch nicht lange genug. Und es gibt natürlich noch ein viel

Woher kommt der Wasserstoff?

Oft wird in Szenarien zur Zukunft der Brennstoffzellen die Wasserstoffwirtschaft beschworen, mit riesigen Solarfarmen in der Wüste. Der dort durch Elektrolyse gewonnene Wasserstoff soll dann mit Großtankern oder durch Pipelines nach Mitteleuropa

Brennstoffzellentypen

| Abkürzung | AFC | PEM PEFC | DMFC | PAFC | MCFC | SOFC |
|----------------------------------|----------------------------|---|---------------------------|---|---|---|
| engl. Bezeichnung | Alkaline Fuel Cell | Proton Exchange Membrane | Direct Methanol Fuel Cell | Phosphoric Acid Fuel Cell | Molten Carbonate Fuel Cell | Solid Oxide Fuel Cell |
| deutsche Bezeichnung | alkalische Brennstoffzelle | Polymer-membran-BZ | Methanol-BZ | Phosphorsäure-BZ | Schmelzkarbonat-BZ | Festoxid-BZ |
| Elektrolyt | Kalilauge | Polymer-membran | Polymer-membran | Phosphorsäure | Alkali-karbonat-schmelzen | Oxid-keramischer Elektrolyt |
| Anodengas | Wasserstoff | Wasserstoff (direkt oder reformiert) | Methanol | Wasserstoff (direkt oder reformiert), auch „unrein“ | Wasserstoff Methan Kohlegas | Wasserstoff Methan Kohlegas |
| Kathodengas | Sauerstoff | Sauerstoff oder Luft-sauerstoff | Luft | Luft | Luft | Luft |
| Betriebs-temperatur | 60 – 90 °C | bis 120 °C | 90 – 120 °C | 160 – 200 °C | 620 – 660 °C | 800 – 1000 °C |
| Stand | kommerziell Entwicklung | Entwicklung | Entwicklung | kommerziell | Entwicklung | Entwicklung |
| Pilot-anwendung (Leistung in kW) | Raumfahrt | vier Anlagen in Berlin von BAL-LARD (250) / mehrere Heizungs-systeme als Prototyp, z.B. Vaillant (4) / BZ-Experimentierkits (0,001) | | zahlreiche Anlagen der Firma ONSI (200) | Expo-Projekt an der Uni Bielefeld von MTU (250) | SIEMENS Pilotanlage in Westervoort (NL, 100) / Sulzer HEXIS-Haussytem (3) |

FC ist die englische Abkürzung für Fuel Cell, also Brennstoffzelle (BZ).

grundsätzlicheres Problem: Woher kommt der Brennstoff für die Brennstoffzelle? Solange dies fossile Energieträger sind – wie Erdgas – ist nämlich unter Umständen nicht viel gewonnen. Die Brennstoffzelle wird deshalb so umjubelt, weil sie sehr gut mit Wasserstoff läuft, den man auch aus erneuerbaren Energien herstellen könnte.

transportiert werden. Ganz abgesehen davon, dass Umwandlung und Transport mit erheblichen Verlusten verbunden wären, ist dieses Szenario auch aus anderen Gründen eher Zukunftsmusik. Tatsächlich werden Brennstoffzellen nämlich zunächst mit zwei anderen Brennstoffen betrieben: Einem Alkohol namens Methanol oder einem Gas namens Methan, das wir auch als Erdgas kennen. Je nach Brennstoffzellentyp können

diese Brennstoffe direkt umgesetzt werden oder es muss ein sogenannter Reformier zwischengeschaltet werden. Reformier können aus Methan oder Methanol den Wasserstoff abspalten, der dann der eigentlichen Brennstoffzelle zur Verfügung steht.

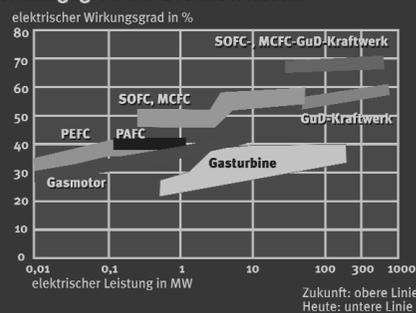
Bringt die Brennstoffzelle die Energiezukunft?

Sicherlich birgt die Brennstoffzellentechnik große Chancen, ihr lautloses Tun ist besonders faszinierend. So wichtig es ist, diese Technik zügig weiterzuentwickeln, so falsch wäre es, allein darauf zu vertrauen und abzuwarten. Denn viele Dinge macht die Brennstoffzelle nur etwas besser als längst etablierte Techniken, wie zum Beispiel kleine motorische BHKW oder GuD-Kraftwerke zur Stromerzeugung. Auch hier steckt noch Entwicklungspotenzial. Ob die Brennstoffzelle diesen Wettlauf gewinnt, ist derzeit noch offen.

Wann kommt das Brennstoffzellenauto?

Eine andere Idee ist das Brennstoffzellen-Auto. Es ist im Prinzip ein Elektroauto, bei dem der Strom nicht aus einer mitgeführten Batterie kommt, sondern an Bord produziert wird. Der große Vorteil der Brennstoffzelle ist, dass sie auch bei Teillast einen vernünftigen Wirkungsgrad hat. Doch so schön wie sich das in der Theorie anhört, so schwierig und fraglich ist die praktische Umsetzung. Denn das Brennstoffzellenauto ist eben kein Null-Liter-Auto – auch die Brennstoffzelle braucht einen Brennstoff. Weil man Wasserstoff schlecht tanken kann, wird an einen bestimmten Alkohol, das Methanol, gedacht. Wenn man sich die ganze Energiekette ansieht – die Produktion des Methanol, die Umwandlung in Wasserstoff, die Brennstoffzelle, der Elektromotor – dann schneidet das Brennstoffzellenauto beim Gesamtenergieverbrauch aber nicht viel besser ab als ein guter Benzinmotor. Dies ergab ein detaillierter Vergleich verschiedener Konzepte durch Wissenschaftler des DLR (s. Literatur). Trotzdem will Daimler-Chrysler bis 2004 ein serienmäßiges Brennstoffzellenauto vorstellen. Der im November 2000 gezeigte Necar 5 dürfte diesem teuren Schaustück schon sehr nahe kommen. VW hingegen dämpfte erst kürzlich die Erwartungen und erwartet einen Großserieneinsatz in frühestens zehn bis 15 Jahren.

Wirkungsgrad der Brennstoffzelle



Brennstoffzellen (erkennbar an der Endung FC, wie Fuel Cell) haben bessere Wirkungsgrade als Gasmotoren und -turbinen. Sie bieten die Effizienz von GuD-Kraftwerken auch bei geringeren Leistungsanforderungen.

Literatur Energie

DR. FRITHJOF STAISS (HRSG.)

JAHRBUCH ERNEUERBARE ENERGIEN 2000

FACHBUCHVERLAG BIEBERSTEIN, RADEBEUL 2000, ISBN 3-927656-11-9

DM 38,80

Viele der Autoren dieses sehr lesenswerten Buchs haben auch an einer Studie für das Bundesumweltministerium (s.u.) mitgewirkt. Im Jahrbuch präsentieren sie deren Ergebnisse, ergänzen sie aber zudem durch zahlreiche Praxisbeispiele und Übersichten. Außerdem sind wichtige energiepolitische Entwicklungen des Jahres 2000, wie das Erneuerbare Energien Gesetz, bereits berücksichtigt. Unentbehrlich, um in der Energiediskussion mit Fakten glänzen zu können.

MARTIN KALTSCHMITT, ANDREAS WIESE

ERNEUERBARE ENERGIEN. SYSTEMTECHNIK, WIRTSCHAFTLICHKEIT, UMWELTASPEKTE

SPRINGER 1997, ISBN 3-540-63219-0

Umfassende und präzise Einführung in die Materie – physikalische Vorkenntnisse sind zum Verständnis erforderlich.

WALTER WITZEL, DIETER SEIFRIED

DAS SOLARBUCH. FAKTEN, ARGUMENTE, STRATEGIEN

ÖKOBUCH POLITIK, APRIL 2000, ISBN 3-922964-80-X

Allgemeinverständliche Einführung in die erneuerbaren Energien

ERNST ULRICH VON WEIZSÄCKER, JAN-DIRK SEILER-HAUSMANN

ÖKOEFFIZIENZ. DAS MANAGEMENT DER ZUKUNFT

BIRKHÄUSER, 1999, 282 S., ISBN 3-7643-6069-0, DM 58,-

Das Buch zeigt, wie sich Umweltschutzmaßnahmen unter Marktgesichtspunkten umsetzen lassen. Ökoeffizienz ist nicht nur Vision – in dem Buch werden einige erfolgreiche Fallbeispiele aus aller Welt vorgestellt.

DAS EINSPARKRAFTWERK – EINGESPARTE ENERGIE NEU NUTZEN

PETER HENNICKE, DIETER SEIFRIED

BIRKHÄUSER, 1996, 360 S., ISBN 3-7643-5418-6, DM 58,-

Die Autoren zeigen, welch enormes Einsparpotential bei der Energieversorgung noch vorhanden ist. Das Einsparkraftwerk ist ein Konzept, nach dem sich Energiesparen für Anbieter und Verbraucher lohnt.

KLIMASCHUTZ DURCH NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN
ARBEITSGEMEINSCHAFT DLR/WI/ZSW/IWR/FORUM
 STUDIE IM AUFTRAG DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT UND DES
 UMWELTBUNDESAMTES, 31. OKTOBER 1999

als PDF-Dokument abzurufen unter:

www.bmu.de/download/b_nutzungerneuerbar.htm

Diese Studie vermittelt einen guten Überblick über die Chancen erneuerbarer Energien und die nötigen Schritte zur Energiewende.

GUTE GRATIS-BROSCHÜREN
BUNDESUMWELTMINISTERIUM (BMU, ÖA, ALEXANDERPLATZ 6, 10178 BERLIN, WWW.BMU.DE)

- ▶ DIE ANSCHRIFTEN AUF EINEN BLICK
- ▶ ERNEUERBARE ENERGIEN UND NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

BUNDESWIRTSCHAFTSMINISTERIUM (BMW, ÖA, 10119 BERLIN, WWW.BMWI.DE)
 ▶ JETZT ERNEUERBARE ENERGIEN NUTZEN

Literatur Brennstoffzelle

**EINSATZFELDER UND MARKTCHANCEN VON BRENNSTOFFZELLEN IN DER
 INDUSTRIELLEN UND ÖFFENTLICHEN KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG**
 MARTIN PEHNT, JOACHIM NITSCH

als PDF-Dokument abzurufen unter:

www.dlr.de/TT/system/publications

Auf 14 Seiten erfährt man (fast) alles, was man über den Entwicklungsstand der verschiedenen Brennstoffzellentypen wissen muss.

Literatur Auto und Verkehr

DAS DREI-LITER-AUTO
 RUDOLF PETERSEN, HARALD DIAZ-BONE
 BIRKHÄUSER VERLAG, BERLIN/BASEL/BOSTON 1998, ISBN 3-7643-5955-2
 Teilweise ist dieses Buch durch die praktische Entwicklung überholt, birgt aber dennoch zahlreiche Informationen zum Thema Sparauto.

Globale Umweltvorteile bei Nutzung von Elektroantrieben mit Brennstoffzellen und/oder Batterien im Vergleich zu Antrieben mit Verbrennungsmotor
 CONSTANTIN CARPETIS
 DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT UND RAUMFAHRT (DLR-ITT), STUTTGART,
 APRIL 2000, STB-BERICHT NR. 22, DM 30,-
 (ZU BESTELLEN UNTER 0711/6862-642)

als PDF-Dokument abzurufen unter: www.dlr.de/TT/system/publications
 Die Studie vergleicht im Detail verschiedene Antriebskonzepte im Hinblick auf Primärenergieverbrauch, Klima- und Umweltwirkungen.

PHOTON SPECIAL: NETZGEKOPPELTE SOLARSTROMANLAGEN

SOLAR VERLAG GMBH 2000
 ISSN 1430-5348, DM 12,80

Guter praktischer Ratgeber für diejenigen, die eine Photovoltaikanlage kaufen wollen. Themen: Welche Anlage passt auf welches Dach? Marktvergleich für Module und Wechselrichter, Finanzierung, Ertragskalkulation und Zuschüsse.

ÖKO-TEST SONDERHEFT: ENERGIE SPAREN UND GEWINNEN

ÖKO-TEST GMBH, NOVEMBER 2000, ISSN 0948-2644,
 BESTELLNUMMER SH0034, DM 14,80

Vollgestopft mit Informationen über Energie-Häuser, Wärmedämmung, Heizungstechnik, die private Erzeugung von Sonnenstrom und wie das alles zu finanzieren ist.

TAZ JOURNAL: DIE ENERGIEWENDE

JULI 2000,
 ISBN 3-9806917-1-3, DM 12,00

Eine umfangreiche Sammlung von Artikeln der Tageszeitung, teils neu recherchiert und mit vielen Kontaktadressen und Praxistipps ergänzt. Beigeheftet ist die Studie "Energiewende 2020", die Felix Chr. Matthes und Martin Dames vom Berliner Büro des Öko-Instituts für die Heinrich-Böll-Stiftung erstellt haben.

ENERGIEDEPESCHE

BUND DER ENERGIEVERBRAUCHER, GRABENSTRASSE 17, 53619
 RHEINBREITBACH, TEL. 02224/9227-0, JAHRESABO 24 DM,
www.energiedepesche.de

Mitgliederzeitschrift mit vielen kleinen Informationen, erscheint viermal jährlich

SONNE WIND & WÄRME

BIELEFELDER VERLAGSANSTALT, ISSN 0944-8772,
 DM 10 PRO HEFT,
 DM 99,60 FÜR DAS JAHRESABONNEMENT,
www.bva-solar.de

Die "Erste deutsche Zeitschrift für alle regenerativen Energiequellen und dezentrale Energieerzeugung" erscheint seit nunmehr 25 Jahren, seit Beginn des Jahres 2001 sogar monatlich.

PHOTON

SOLAR VERLAG GMBH,
 WILHELMSTR. 34, 52070 AACHEN,
 TEL. 0241/47055-0

Die jährlich zwölf Ausgaben dieser Solarzeitschrift sind auch an (gut sortierten) Bahnhofs-Kiosken erhältlich.

Sonderhefte und Fachzeitschriften

ERNEUERBARE ENERGIEN

SUN MEDIA, QUERSTR. 31,
30519 HANNOVER, TEL. 0511/8441932,
JAHRESABO 90 DM

Eigenwerbung: Das Monatsmagazin für die Zukunftsenergien
(mit Wind/Energie/Aktuell + Sonnenkraft nutzen)

NEUE ENERGIE

BUNDESVERBAND WINDENERGIE (BWE), HERRENTEICHSTR. 1,
49074 OSNABRÜCK, TEL. 0541/35060-0, JAHRESABO 144 DM
(IM MITGLIEDSBEITRAG ENTHALTEN),
www.wind-energie.de

Mitgliederzeitschrift des Bundesverbandes WindEnergie

Links

Auto: VCD

www.vcd.org

Der Verkehrsclub Deutschland hat zahlreiche Informationen zum Thema
Autofahren parat unter Themen/Autofahren

Auto: Verbrauch

www.swr-online.de/ratgeber-auto/tests/verbrauchstest.html

www.wdr.de/tv/dschungel/autos/autos.html

Listen mit in der Praxis ermittelten Verbrauchswerten, oft aussagekräfti-
ger als die Industrieangaben

Biomasse:

www.biomasse-info.net

Informationen zur Nutzung von Bioenergieträgern

www.ag-energiebilanzen.de

Zahlen zum deutschen Energieverbrauch in verschiedenen Sektoren

www.energienetz.de

Portalseite des Bundes der Energieverbraucher

www.energie-server.de

Hinweise auf Messen und Ausstellungen

www.iwr.de

Das Internationale Wirtschaftsforum Regenerative Energien an der Universität
Münster informiert umfassend über den Einsatz regenerativer Energiequellen
und deren wirtschaftlichen Perspektiven. Ein Energieletter informiert täg-
lich per e-Mail über Neuigkeiten aus der Energieszene. Ausgezeichnet mit
dem Solarmedienpreis.

Energie-Links:

www.energielinks.de

www.top50-solar.de

Zwei der vielen Linklisten zum Thema Energie

Erneuerbare Energien:

<http://reisi.iset.uni-kassel.de>

Renewable Energy Information System on Internet

Haus: Wärmerückgewinnung und Wärmepumpe

www.tzwl.de

www.waermepumpen-marktplatz-nrw.de

Testzentrum für Wohnungslüftung und Wärmepumpen-Informationen

Kraft-Wärme-Koppelung:

www.bhkw-infozentrum.de/einfuehrung.html

www.bhkw-info.de

Informationen über Blockheizkraftwerke

Photovoltaik:

www.jacob-solar.de

Kleiner Anbieter von Photovoltaikanlagen mit Betriebserfahrungen einer
eigenen Anlage

Solarenergie:

www.solarfoerderung.de

Portal zu Fördermöglichkeiten

Stromtarife:

www.stromtarife.de

Informationen zu Strompreisen und über grünen Strom

Thermografie:

www.vath.de

Verband für angewandte Thermografie

Wind:

www.wind-energie.de

Homepage des BWE

Abwärme 6, 7, 17, 26
Auto 8, 28

BHKW 7, 26, 28
Biodiesel 11
Biogas 24
Biomasse 18, 20, 24
Blockheizkraftwerk 7, 26, 28
Braunkohle 4
Brennstoffzelle 26
Brennstoffzellenauto 28

CO₂-Emission Biodiesel 11
CO₂-Emission Deutschland 17
CO₂-Emission Energieträger 16, 17
CO₂-Emission pro Kopf 16

Diesel 11, 16, 17
Dänemark 7

Eco-Driving 10
Einheiten 4
Endenergie 5
Energie-Matrix 5
Energieagentur 20
Energiebilanz 15
Energiedienstleistung 5
Energieeinsparverordnung (EnEV) 12
Energieflußbild 17
Energiegehalt 4
Energie label 14
Energiepflanzen 24
Energieberatung 14
Energieumwandlung 5
Energieverbrauch 5
Energieverbrauch Deutschland 17
Energieverbrauch Haushalte 16
Energieverbrauch Industrie 16
Energieverbrauch Szenarien 18
Energieverbrauch Verkehr 16
Energieverbrauch Welt 18
Energieverbrauch pro Kopf 15
Erdgas 11, 17, 27
Erdwärme 20, 22

Erneuerbare Energiequellen 19

Feuchtigkeit 8
Fossile Energieträger 4
Früchtetezelle 21
Fuel Cell 27
Fördermittel 24
Förderprogramme 20

Gasantrieb 11
Gasherd 6
Geothermie 22
Glühlampe 3, 5
Grüner Strom 18
GuD-Kraftwerk 28

Heizenergie 12
Heizkraftwerk 7
Heizspiegel 12
Hybridantrieb 10

Infrarotaufnahme 7, 8
Internet-Stromverbrauch 14

Joule (J) 4

Kalorie (cal) 4
Kelvin (K) 4
Kernkraftwerk 6
Kilowattstunde (kWh) 4
Klimaschutz 17
Kohlekraftwerk 6
Kohlendioxid (CO₂) 18
Kosten Photovoltaik 21
Kosten pro kWh 21
Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) 7, 26
Kraftstoffverbrauch 9
Kühlwasser 6, 8

Landesinitiative 7, 20
Leistung 4
Leistungsbedarf Auto 8

Methan 27
Methanol 27
Motorleistung 8

Nahwärmenetz 7
Nebenaggregate 11
Newtonmeter (Nm) 4

Niederlande 7
Niedrigenergiehaus (NEH) 12
Nutzenergie 5

Österreich 24
Offshore 23

PS 4, 8
Passivhaus 12
Photovoltaik 21
Plus-Energie-Haus 15
Potenzial Biomasse 24
Potenzial Erneuerbare Energien 20
Primärenergieverbrauch 5

Rücklaufzeit 22, 23

SI-System 4
Schweden 24
Solarthermische Stromerzeugung 22
Solarzelle 21
Sparpotenzial Auto 10
Sparpotenzial KWK 7, 18
Spartipps Auto 10
Spartipps Haus 13, 14
Standby-Stromverbrauch 14
Steinkohle 4
Steinkohleeinheiten (SKE) 4
Stirling-Motor 5
Strom 4
Stromgestehungskosten 22
Stromtarife 18

Teillastbetrieb 9
Thermodynamik 6
Thermografie 7
Turbotechnik 10

Wasserstoff 26
Watt (W) 4
Wertigkeit 4
Windenergie 19, 20, 22
Wirkungsgrad 5, 6, 9
Wirkungsgrad Auto 9
Wirkungsgrad Brennstoffzelle 26, 28
Wirkungsgrad Kraftwerk 6
Wirkungsgrad Umwandlung 5
Wüstenregionen 22, 27
Wärmebild 7
Wärmekraftwerk 6, 22

Wärmepumpe 22
Wärmeschutzverordnung 12
Wäschetrockner 14

Zertifizierter Strom 18