

ÖKOLOGISCH SINNVOLLE STROMERZEUGUNG

„Das Wenige, das du tun kannst, ist viel.“
(Albert Schweitzer)

Elektrizität ist aus unserem heutigen Leben kaum wegzudenken; Maschinen und Geräte laufen dank ihrer Hilfe „wie von Geisterhand getrieben“. Da wir einerseits den Stromerzeugungs-Prozess (meist) nicht direkt sehen, und andererseits elektrische Geräte keinen Auspuff besitzen, sind wir uns über die Art und Menge der Umweltbelastungen durch die Stromerzeugung oft nicht bewusst.

ELEKTRIZITÄT UND CO₂-EMISSIONEN

Im Jahr 2008 wurden in Deutschland insgesamt 862 Millionen Tonnen CO₂ direkt emittiert, wobei der größte Anteil (752 Millionen Tonnen) auf Verbrennungsvorgänge zurückzuführen ist. Dabei hat die Stromerzeugung mit 352 Millionen Tonnen den größten Anteil, mehr als die energiebedingten Emissionen von Verkehr und Haushalten zusammen.

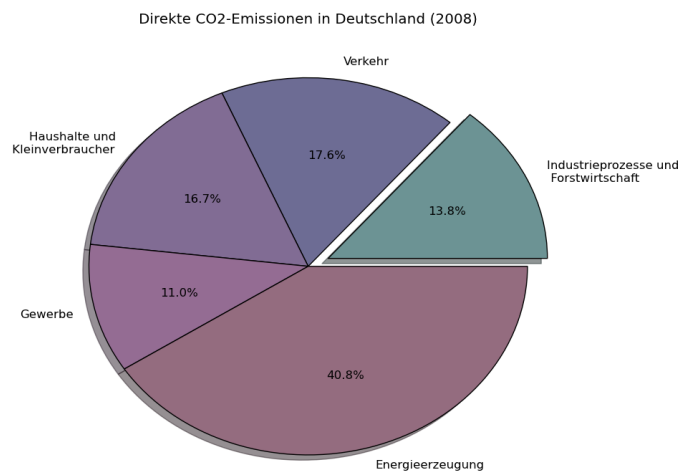


Abbildung 1: Direkte CO₂-Emissionen in Deutschland im Jahr 2008. Quelle: BMWI

Die Emissionen bei der Stromerzeugung können auf mehrere Arten gesenkt werden:

- Die Effizienz bzw. der Wirkungsgrad der Kraftwerke kann bei Neu- und Umbauten durch technische Feinheiten teilweise erhöht werden.
- Mittels „Kraft-Wärme-Kopplung“ kann neben der erzeugten Elektrizität auch die entstehende Wärme genutzt werden.
- Emissionsintensive Kraftwerke können durch emissionsarme ersetzt werden.

Gleichzeitig ist es für eine Herausforderung für Wirtschaft und Politik, den Elektrizitäts*verbrauch* möglichst gering zu halten: Effizienzsteigerungen bei der Herstellung reichen nicht aus, wenn gleichzeitig der Verbrauch umso größer wird.

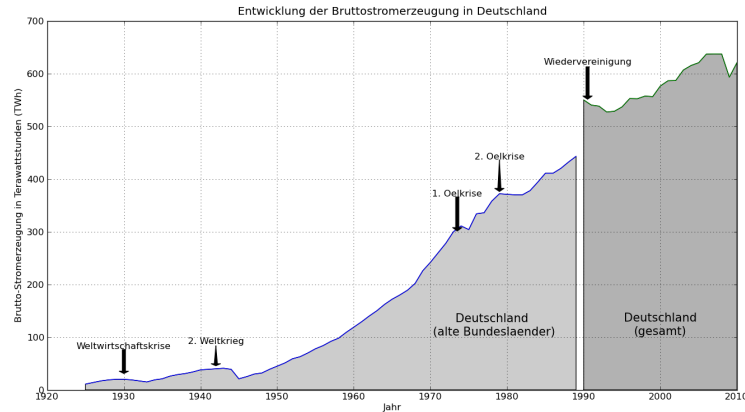


Abbildung 2: Entwicklung der Brutto-Stromerzeugung in Deutschland von 1925 bis 2009.
Quelle: <http://www.volker-quaschnig.de/klima2000/Kapitel2.html>.

Im Jahr 2008 wurden in Deutschland eine Strommenge von 637 Terawattstunden (TWh) erzeugt. Davon wurden netto 22,5 TWh ins Ausland exportiert, weitere 72,4 TWh gingen durch Leitungsverluste sowie den Eigenbedarf der Kraft- und Pumpspeicherwerke verloren. Im Jahr 2009 ging der Strombedarf aufgrund der Finanzkrise leicht zurück. Den größten Anteil am Gesamt-Stromverbrauch von 542,2 TWh hat die Industrie, gefolgt von den Haushalten sowie vom Handel und Gewerbe. Verkehr und Landwirtschaft haben demgegenüber nur einen geringen Anteil am Strombedarf. Der Rest entfällt auf öffentliche Einrichtungen.

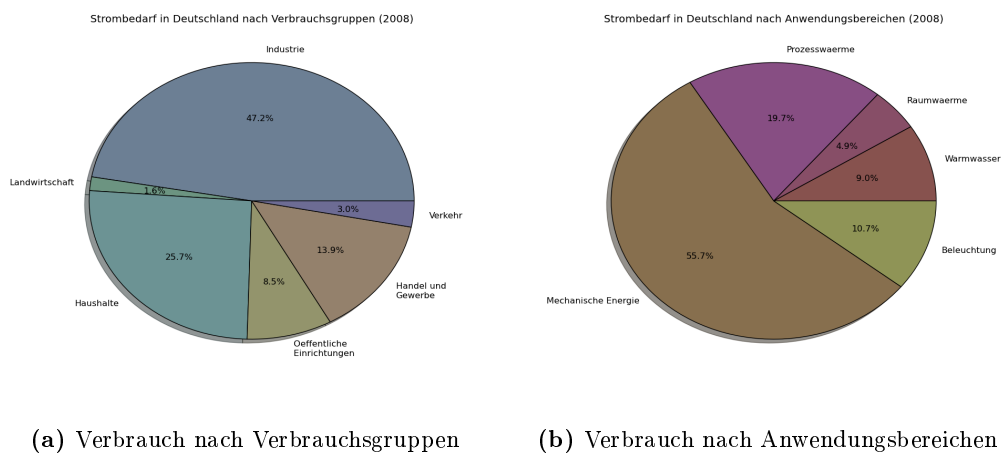


Abbildung 3: Stromverbrauch nach Verbrauchsgruppen bzw. Anwendungsbereichen in Deutschland für das Jahr 2008. Quelle: BMWI

ENERGIETRÄGER: STÄRKEN UND SCHWÄCHEN

Zur Stromerzeugung werden verschiedene Energieträger genutzt, wobei der Anteil der „regenerativen Energien“ (Wind, Wasser, Biomasse und Solarenergie) zunehmend an Bedeutung gewinnt. Mit 93,3 TWh Strom wurde im Jahr 2008 ein Anteil von über 15% an der gesamten Elektrizitätserzeugung durch erneuerbare Energieformen bereitgestellt.

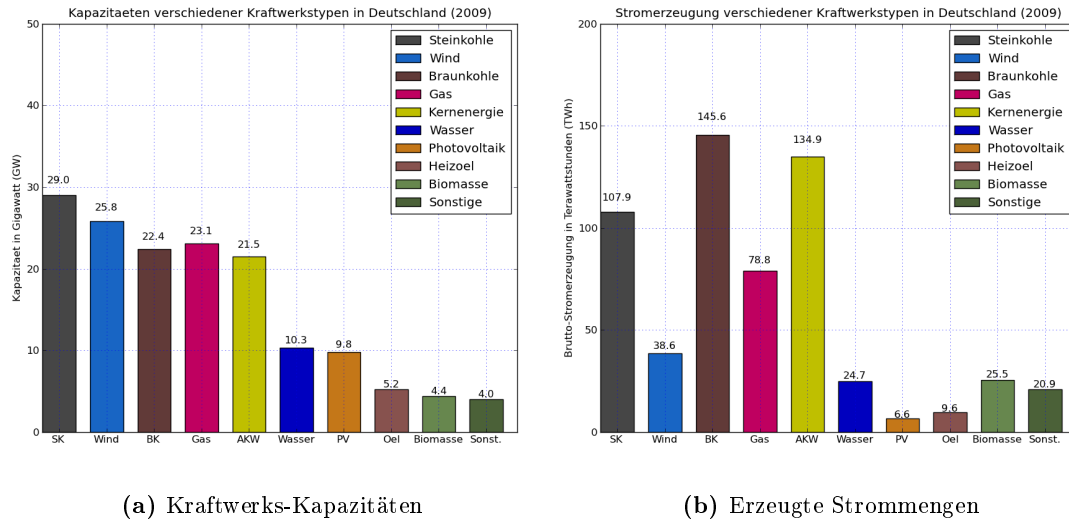


Abbildung 4: Installierte Kraftwerkskapazitäten und erzeugte Strommengen in Deutschland für das Jahr 2009. Quelle: BMWI

Vergleicht man die dafür nötigen Kraftwerkskapazitäten mit denen von „konventionellen“ Kraftwerken, so ergibt sich (über das Jahr gesehen) eine geringerer Auslastungsgrad der Anlagen.

Kraftwerkstyp	Kapazität in GW	Strommenge in TWh	Vollaststunden in Stunden	Auslastung in %
Braunkohle	22,4	145,6	6500	74%
Kernkraft	21,5	134,9	6274	72%
Biomasse	4,4	25,5	5795	66%
Sonstige	4,0	20,9	5255	60%
Steinkohle	29,0	107,9	3721	42%
Gas	23,1	78,8	3411	39%
Wasser	10,3	24,7	2398	27%
Heizöl	5,2	9,6	1846	21%
Wind	25,8	38,6	1496	17%
Sonne	9,8	6,6	673	8%

Tabelle 1: Auslastungsgrad der verschiedenen Kraftwerkstypen für Deutschland im Jahr 2009. Ein normales Jahr hat $365 \cdot 24 = 8760$ Stunden.

Großkraftwerke wie Braunkohle- oder Kernkraftwerke laufen – bis auf Wartungsarbeiten und soweit ausreichend Nachfrage vorhanden ist – das ganze Jahr über unter Vollast. Soweit dies möglich ist, sind solche „Grundlastkraftwerke“ für die Betreiber finanziell rentabel, denn die hohen Investitionskosten für den Bau der Anlage werden so dank niedriger Brennstoffpreise schnell kompensiert.

Gleichzeitig werden billige Heizöl- und Gaskraftanlagen oft nur in Reserve gehalten. Sie werden aufgrund der höheren Treibstoffpreise nur eingesetzt, um entweder Wartungs- und Reparaturzeiten bei anderen Kraftwerken zu überbrücken, oder um stärkere Nachfrageschwankungen auszugleichen. Den rund 150 GW an verfügbarer Kraftwerkskapazität steht selbst im Winter ein maximaler Verbrauch von etwa 70 GW gegenüber (Abbildung 5). Im Gegensatz zu den großen Kohle- und Kernkraftwerken sind die kleineren „Mittel- und Spitzenlastkraftwerke“ wesentlich einfacher und schneller in ihrer Leistungsabgabe regulierbar.

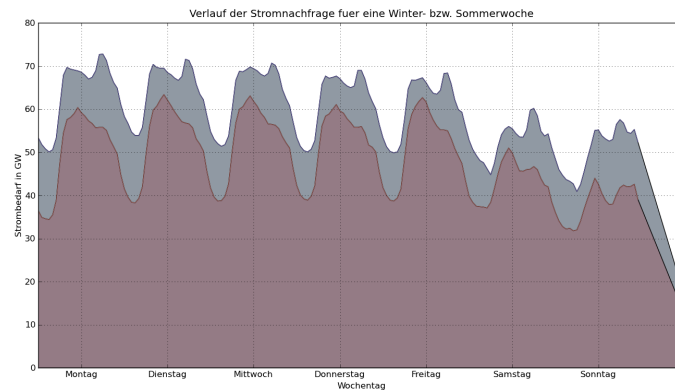


Abbildung 5: Verlauf der Stromnachfrage für eine Winter- und Sommerwoche in Deutschland (2008). Quelle: <http://www.ucte.org>.

Aufgrund der Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) hat die Einspeisung aus regenerativen Energiequellen Vorrang gegenüber der von herkömmlichen Kraftwerken. Es liegt auf der Hand, dass größere Spannungs-Schwankungen in den Stromnetzen durch wechselnde Windverhältnisse durch die schnell regelbaren Spitzen- und Pumpspeicherkraftwerke abgefangen werden. Je höher der Anteil an Wind- und Solarenergie in unserer Stromversorgung wird, desto entscheidender werden die „Zwischenlagerung“ von Strom, der überregionale Ausgleich durch großräumige Stromnetze sowie die schnelle Regulierbarkeit von ergänzenden Heizkraftwerken.

Sobald regenerative Energiesysteme in einem Umfang vorhanden sind, dass die verbleibende Restnachfrage an Strom nicht mehr ausreicht, um Kohle- und Kernkraftwerke unter Vollast betreiben zu können, werden diese schnell unwirtschaftlich: Um die hohen Investitionskosten für den Bau einer Anlage hereinzuwirtschaften, *müssen* sie quasi immer unter Vollast betrieben werden! Erneuerbare Energiesysteme und langsam regelbare Großkraftwerke stehen folglich im Widerspruch zueinander, von einer „Brückentechnologie“ kann keine Rede sein.

KERNKRAFT UND RADIOAKTIVITÄT

*„Es gibt Leute, deren Herzen gerade in dem Grad einschrumpfen,
als ihre Geldbörsen sich erweitern.“*
(Aldous Huxley)

Die Nutzung der Kernkraft spaltet die Gesellschaft wie kaum eine andere Technologie. Während die Befürworter auf die geringen CO₂-Emissionen und die hohe Energiedichte verweisen, halten Skeptiker in der militärischen wie auch in der zivilen Nutzung der Kernenergie für zu gravierend.

Argumente für Kernkraft	Argumente gegen Kernkraft
+ Wenig CO ₂ -Emissionen	– Ungelöste Entsorgung des radioaktiven Mülls – Freisetzung von Radioaktivität in geringem Maß auch im Normalbetrieb
+ Verfügbarkeit rund um die Uhr	– Extrem langsame Regulierung der Leistungsabgabe (komplettes Hoch- oder Herunterfahren dauert länger als 24 Stunden)
+ Günstige Herstellungskosten unter Vollast	– Wirtschaftliche Unrentabilität unter Teillast – Enorme Schäden bei Unfällen möglich – Staatlich subventionierte Forschungs-, Transport- und Endlagerkosten
+ Hohe Energiedichte des Brennstoffs (90 Gramm Uran 235 entsprechen dem Jahresstromverbrauch von 1000 Haushalten) + Große Strommenge	– Die Uranvorkommen reichen bei heutigem Verbrauch und ohne Einsatz von schnellen Brütern nur noch ca. 100 Jahre – Rund 70% der Uran-Reserven liegen auf Gebieten von indigenen Bevölkerungsgruppen. – Der Uranabbau und die ‘Anreicherung’ verwüsten weite Landflächen bei gleichzeitig hohem Wasserverbrauch. – Geringer Wirkungsgrad (etwa 30%), sehr viel Abwärme (Aufheizen der Flüsse)
+ Mehrfache Sicherungssysteme vorhanden	– „Restrisiko“: Großkatastrophen sind dennoch nicht ausschließbar

Tabelle 2: Argumente für und gegen die zivile Nutzung der Kernenergie

Während Kernenergie durch entsprechende Subventionen für die Hersteller sehr lukrativ sein kann, sind die gesundheitlichen Belastungen für Menschen und Umwelt gefährlicher als bei jeder anderen Technologie. Radioaktive Zerfallsprodukte wie Plutonium, das in jedem Kernkraftwerk entsteht, sind nicht nur chemisch hochgiftig (einige Mikrogramm reichen aus, um sicher Krebs zu verursachen), sondern auch über unvorstellbar lange Zeiträume als Problemmüll vorhanden: Das häufigste Plutonium-Isotop Pu-239 hat eine Halbwertszeit von 24 110 Jahren. Bis heute und auch in absehbarer Zukunft gibt es kein sicheres Endlager für derartige Stoffe.

Neben den Problemen und Risiken der zivilen Kernkraft-Nutzung sind mehrere Möglichkeiten für militärischen Missbrauch gegeben. Weniger bekannt als die unmittelbar zerstörerischen Atombomben, doch bezüglich der Strahlenbelastung nicht weniger gefährlich, ist sogenannte Uranmunition. Hierbei wird 'abgereichertes' Uran ('depleted uranium') verwendet, das in großen Mengen als radioaktives Abfallprodukt bei den Anreicherungsprozessen für Kernbrennstäbe anfällt. Es wird aufgrund seiner hohen Dichte als panzerbrechende Munition eingesetzt. Beim Durchdringen von Stahl oder Beton erhitzt sich das abgereicherte Uran so stark, dass es sich selbst entzündet und explodiert. Als Resultat bleibt ein sehr feiner Uranstaub übrig, der sich leicht mit Sand vermischt und/oder mit dem Wind verteilt. Durch die Gefahr des Einatmens ergibt sich auch für die zivile Bevölkerung ein deutlich erhöhtes Risiko für Krebs und Fehlgeburten.

Darüber hinaus wird von der Atomlobby bis heute weitgehend erfolgreich vertuscht, dass radioaktive Abfälle im flüssigen Zustand nach wie vor ins Meer eingeleitet werden dürfen.¹ So ist die Umgebung um die „Wiederaufbereitungsanlage“ Sellafield laut einer Greenpeace-Studie „vergleichbar stark belastet wie die 30-Kilometer-Sperrzone um den Katastrophenreaktor von Tschernobyl.“² Ebenfalls „ungeklärt“ bleiben bislang sowohl die erhöhten Leukämie-Raten bei Kleinkindern, die in der Nähe von Kernkraftwerken aufwachsen, als auch die Tatsache, dass in der Umgebung des Zwischenlagers 'Asse' weniger Mädchen zur Welt kommen.³

ALTERNATIVEN BEI DER STROMERZEUGUNG

*„Wir haben die Erde nicht von unseren Vorfahren geerbt,
sondern von unseren Kindern geliehen.“*
(Indianisches Sprichwort)

Was ist bei einer „umweltfreundlichen“ Stromerzeugung zu beachten?

- Die eingespeisten Strommengen aus der Photovoltaik- und v.a. der Windenergie-Nutzung können beträchtlich schwanken.
 - Da die Windleistung mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit zunimmt, müssen die heutigen Stromnetze ausgebaut werden, um in windreichen Zeiten große Energiemengen transportieren zu können und einen überregionalen Ausgleich zu ermöglichen.
 - Strom ist sowohl quantitativ als auch zeitlich nur begrenzt speicherbar; denkbar sind supraleitende Spulen, Hightech-Kondensatoren und die Erzeugung von Wasserstoff. Akkus haben eine viel zu geringe Energiedichte (etwa 2%

¹Das Verbot des Versenkens von in Fässern verkappten radioaktiven Abfällen wurde von Greenpeace in den 1990er Jahren erreicht.

²Quelle: http://www.greenpeace.de/themen/atomkraft/atomuell_wiederaufarbeitung/artikel/wiederaufarbeitung_die_wichtigsten_fakten/

³Quelle: http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/IPPNWaktuell_Kinderkrebs.pdf

der Energiedichte von Benzin); Pumpspeicherkraftwerke können nicht beliebig ausgebaut werden.

- Windkraftwerke sind nur an windreichen Standorten, insbesondere in Küstennähe und in höheren Lagen rentabel.
 - + An richtigen Standorten können Windkraftanlagen bereits in (drei bis maximal) sechs Monaten mehr Strom produzieren, als zu ihrer Herstellung nötig war.
 - + „Offshore“-Windparks, d.h. Windkraftanlagen auf dem Meer, besitzen ein hohes Leistungspotential. Die Winde wehen auf dem Meer und in Küstennähe regelmäßiger, die Ertragsschwankungen fallen geringer aus.
 - Der Ausbau solcher Anlagen darf allerdings nicht mit Naturschutzauflagen kollidieren.
- Die Wasserkraft ist bereits voll entwickelt, eine weitere Steigerung der Kapazitäten ist kaum möglich bzw. unter Berücksichtigung des Naturschutzes nicht sinnvoll.
- Photovoltaik-Anlagen sind in Deutschland zu noch nicht einmal 5% ihres möglichen Potentials ausgebaut.
 - + Je nach Standort und Bauart liefert eine Photovoltaik-Anlage in zwei bis maximal sechs Jahren mehr Strom, als zu ihrer Herstellung nötig war. Die durchschnittliche Lebenszeit von Solarzellen beträgt über 20 Jahre.
 - + Das wichtigste Ausgangsmaterial für Solarzellen, Silizium, ist nahezu unbegrenzt auf der Erde verfügbar. Solarzellen können ohne Probleme recycled werden. Photovoltaik-Anlagen erzeugen weder Lärm noch Abgase.
 - Strom aus Photovoltaik-Anlagen ist nur tagsüber verfügbar.
 - Die Kapazität von Solarzellen ist auf eine ideale Bestrahlung von 1000 Watt je Quadratmeter ausgelegt. Im Sommer werden solche Lichtintensitäten erreicht, in den Wintermonaten liegt die maximale Strahlungsleistung jedoch bei unter 200 Watt je Quadratmeter.
 - o Ein steigender Anteil an Strom aus Photovoltaik setzt schnell regelbare Ersatzkraftwerke und ein intelligentes Lastmanagement voraus. Nachtspeicherheizungen oder Kühlanlagen müssten beispielsweise – anders als heute – tagsüber geladen werden, um ihre Wärme bzw. Kälte für die Nacht zu speichern.
- Biomasse kann als Brennstoff in schnell regelbaren Kraftwerken zu einem Ausgleich der Ertragsschwankungen aus Wind- und Photovoltaikanlagen beitragen.
 - + Biomasse ist leicht lagerbar und somit dauerhaft verfügbar.
 - + Biomasse-Kraftwerke können mit Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden, d.h. auch die anfallende Abwärme kann genutzt werden. Insbesondere die Verwertung von biologischen Abfällen erscheint auf diese Weise sinnvoll.

- Über ein Jahr gesehen liegt der effektive Wirkungsgrad einer Pflanzenkultur nur bei zwischen zwei und vier Prozent. Die direkte energetische Nutzung von Sonnenlicht mittels Photovoltaik (Wirkungsgrad: 10-20%) oder Solarthermie (Wirkungsgrad: 40-70%) ist wesentlich effizienter.
- Der Anbau von Biomasse zur Strom- und Kraftstofferzeugung konkurriert mit dem Anbau von Pflanzen als Lebensmittel.
- Werden Regenwaldfläche abgerodet, um beispielsweise Palmölplantagen für Biosprit oder Biomasse-Heizkraftwerke anzulegen, so ist die Öko-Bilanz katastrophal.
- Der Düngemiteleinsatz auf intensiv bewirtschafteten Landwirtschaftsflächen sowie der Transport und die Auf- und Weiterverarbeitung bewirken, dass Biomasse nicht als CO₂-neutral angesehen werden kann.
 - o Biomasse sollte folglich – anders als heute – vorwiegend im Winter und nur bei Versorgungsengpässen zugeschaltet werden. Eine entsprechende Vergütungsordnung fehlt bislang.
- Das mit Abstand höchste Potential verspricht die thermische Nutzung von Solarenergie in Wüstenregionen. Unter dem Namen 'Desertec' wird bereits ein Projekt für die Sahara geplant.



Abbildung 6: Das Desertec-Konzept für „Wüstenstrom“. Quelle: <http://www.desertec.org>

- + Solarthermische Anlagen können Tag und Nacht Strom liefern, da die produzierte Wärme leicht zwischengespeichert werden kann.
- + Strom ist verhältnismäßig leicht transportierbar: Bei einer Hochspannungsgleichstrom-Übertragung (HGÜ) fallen auf 1000 km nur etwa 3% Verlust an.

- + Jahreszeitliche Schwankungen fallen kaum ins Gewicht.
- Als Großprojekt bedarf es zur Verwirklichung einer aktiven, länder- und firmenübergreifenden Zusammenarbeit.
- Insbesondere die politischen Instabilitäten in Nordafrika dürften zu den größten Herausforderungen werden. Eine Umsetzung kann dann relativ leicht erfolgen: Alle notwendigen Technologien sind bereits voll entwickelt und werden bereits an anderer Stelle eingesetzt.
- In unseren Breitengraden kann Solarthermie nicht zur Stromerzeugung genutzt werden, da der Anteil an diffusem Licht zu hoch ist. Allerdings können solarthermische Anlagen auch hierzulande zur Warmwasser- und Raumwärmeversorgung genutzt werden und so (wie auch Wärmepumpen, Wärmetauscher und gute Isoliersysteme) dazu beitragen, den Energiebedarf und damit die Importabhängigkeit von Energieträgern zu reduzieren.

ZU EINEM ÖKOSTROM-ANBIETER WECHSELN

„Sei Du selbst die Veränderung, die du dir wünschst für diese Welt.“
(Mahatma Gandhi)

Die einfachste Maßnahme, die ein Jeder von uns – gleich ob Mieter, gleich ob Eigentümer – treffen kann, ist ein Wechsel des Stromanbieters. Anders als beim Wechsel eines Telephonanbieters braucht man dabei allerdings keine Angst vor Übergangsfristen oder Stromausfällen zu haben. Es genügt das Ausfüllen eines Formulars, den Rest (Kündigung des bisherigen Anbieters, abschließende Stromabrechnungen, etc.) übernimmt der neue Stromanbieter.

Die vier bekanntesten Ökostrom-Anbieter sind:

- Elektrizitätswerke-Schonau e.G.
- Naturstrom AG
- Greenpeace Energy e.G.
- Lichtblick AG

Alle oben genannten Anbieter können mit TÜV-Zertifizierung die Mindestkriterien für Ökostrom garantieren, sind bundesweit verfügbar und wirtschaftlich komplett unabhängig von Kernkraftunternehmen.

Die bereits genannten Ökostrom-Anbieter haben gemeinsam, dass sie keine Mindestvertragslaufzeiten festlegen. Die Kündigungsfrist liegt bei allen Anbietern zwischen vier und sechs Wochen. Eine Wechselgebühr fällt nicht an.

Da Ökostrom-Anbieter ihren Strom direkt bei den jeweiligen Kraftwerksbetreibern einkaufen, kann ein Kunde so ohne jede technische Umstellung bestimmen, für welche Art und Weise der Stromerzeugung das bezahlte Geld investiert wird.

Beispiel: Jährlicher Stromverbrauch von 4500 Kilowattstunden (4-köpfige Familie)

Anbieter	Grundpreis je Monat	Arbeitspreis je kWh	Jahressumme 12·GP+4500·AP	Monatl. Kosten
LEW „Avanza“	10,01 Euro	21,43 Cent	964,35 Euro	80,36 Euro
Stadtwerke „Direkt“	5,55 Euro	21,79 Cent	1047,15 Euro	87,26 Euro
Stadtwerke „Regenio“	8,33 Euro	22,43 Cent	1109,31 Euro	92,44 Euro
Elektrizitätswerke Schönau	6,90 Euro	23,90 Cent	1158,30 Euro	96,53 Euro
Naturstrom	7,95 Euro	21,25 Cent	1062,90 Euro	88,58 Euro
Greenpeace Energy	8,90 Euro	24,80 Cent	1222,80 Euro	101,90 Euro
Lichtblick	8,95 Euro	23,64 Cent	1171,20 Euro	97,60 Euro

Beispiel: Jährlicher Stromverbrauch von 1800 Kilowattstunden (Single-Haushalt)

Anbieter	Grundpreis je Monat	Arbeitspreis je kWh	Jahressumme 12·GP+1800·AP	Monatl. Kosten
LEW „Avanza“	10,01 Euro	21,43 Cent	505,86 Euro	42,16 Euro
Stadtwerke „Direkt“	5,55 Euro	21,79 Cent	458,82 Euro	38,24 Euro
Stadtwerke „Regenio“	8,33 Euro	22,43 Cent	503,70 Euro	41,98 Euro
Elektrizitätswerke Schönau	6,90 Euro	23,90 Cent	513,00 Euro	42,75 Euro
Naturstrom	7,95 Euro	21,25 Cent	477,90 Euro	39,83 Euro
Greenpeace Energy	8,90 Euro	24,80 Cent	553,20 Euro	46,10 Euro
Lichtblick	8,95 Euro	23,64 Cent	532,92 Euro	44,41 Euro

Tabelle 1: Tarifvergleich von Stromanbietern im Raum Augsburg für das Jahr 2011.

LESETIPS UND INFOS IM INTERNET

Beschreibung	Web-Adresse
Infos zum Stromanbieter-Wechsel	http://www.atomausstieg-selber-machen.de
Filme zum Thema Kernkraft	http://www.ausgestrahlt.de/mitmachen/film-zeigen.html
BMWi-Daten zur Energieversorgung	http://bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/Energiedaten/gesamtausgabe.html
Kernkraft-Themen bei Greenpeace	http://www.greenpeace.de/themen/atomkraft
Todesstaub (Deadly Dust) - Film	http://www.nuoviso.tv/krieg-und-frieden/die-verstrahlten-kinder-von-basra.html
Info-Seite zu erneuerbaren Energien	http://volker-quaschnig.de/index.php
Die Kinderkrebsstudie im Volltext	http://www.bfs.de/de/kerntechnik/kinderkrebs
Ärztliche Bedenken gegen Kernkraft	http://ippnw.de

Bernhard Grotz, 4. April 2011. Email: bernhard.grotz@gmx.de, Homepage: <http://www.grund-wissen.de>