



**Der Solarserver**  
Das Internetportal zur Sonnenenergie

[Branche](#) [Bücher](#) [Geld](#) [Impressum](#) [Initiative](#) [Lexikon](#) [Pinnwand](#) [Service](#) [Solar-Magazin](#) [Solarstore](#) [Termine](#) [Zu Favoriten hinz](#)

**Solar-F**

Zu Favoriten hinz

## Solar-Reports:

- ▶ [Lohnen sich Photovoltaik-Investitionen in den südlichen EU-Staaten?](#)
- ▶ [Studie: Deutschland kann zu 100 % mit erneuerbaren Energien versorgt werden](#)
- ▶ [Solarstrom aus der Wüste statt Wüste in Deutschland](#)
- ▶ [Solar-Politik von unten: Deutsche Solarinitiativen wollen die Energiewende](#)
- ▶ [Baustelle Biogas](#)
- ▶ [Neue Studie: Atomausstieg kann mit erneuerbaren Energien ausgeglichen werden](#)

### Studie zeigt, wie Deutschland zu 100 % mit erneuerbaren Energien versorgt werden kann

von Rolf Hug  
15.03.2007

Nicht nur die alarmierenden Klimaberichte der Vereinten Nationen machen deutlich, dass Energie künftig gespart und anders als bisher erzeugt werden muss. Die Abhängigkeit Deutschlands von fossilen Energieträgern und den diese exportierenden Ländern, die Risiken der Stromerzeugung aus Atomkraftwerken und nicht zuletzt wirtschaftliche Gründe fordern ein Umdenken und Gegensteuern. Darüber hinaus eröffnet sich für Deutschland die historisch einmalige Chance, als Vorreiter beim Klimaschutz mit Technologien zur Nutzung der erneuerbaren Energien eine technische und wirtschaftliche Führungsrolle einzunehmen.

Die rasante Entwicklung der erneuerbaren Energien in den letzten Jahren darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass noch ein weiter Weg vor uns liegt. Dass die Erneuerbaren nicht nur ein "ökologisches Feigenblatt" sind, sondern der Weg aus der Krise, ist offensichtlich. Doch noch immer wird ihre Leistungsfähigkeit unterschätzt und die Zweifel an einer möglichen Vollversorgung mit heimischen erneuerbaren Energien sind keineswegs vollständig ausgeräumt.

Ob und wie es möglich ist, Deutschland vollständig mit sauberer Energie von der Sonne, aus Wind- und Wasserkraft, Erdwärme und Biomasse zu versorgen, hat der Aachener Wissenschaftler Dr. Eberhard Waffenschmidt für den Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V. (SFV) untersucht.

Solar-Report als [PDF-Dokument](#)



Bausteine für die Vollversorgung mit erneuerbaren Energien. Solar-Report als [PDF-Dokument](#)

Der Solar-Report 3/2007 fasst die Ergebnisse seiner vielschichtigen und detaillierten Studie - notwendigerweise verkürzt - zusammen und skizziert den Weg zur solaren

## Solar-Magazin

- ▶ [Solar-Report](#)
- ▶ [Solar-News](#)
- ▶ [Solar-Links](#)
- ▶ [Anlage / Produkt de Monats](#)
- ▶ [Solarserver-Standp](#)
- ▶ [Akteure](#)
- ▶ [Solar-Interviews](#)
- ▶ [Archiv:](#)
  - ▶ [Solarstrom](#)
  - ▶ [Solarwärme](#)
  - ▶ [Solares Bau](#)
  - ▶ [Bioenergie](#)
  - ▶ [Brennstoffze](#)
  - ▶ [Nachrichten](#)
- ▶ [Ihr Vorschlag](#)



Suche im Solarserve

Raum für Innovation  
Bannerwerbung im  
Großformat, 3 Mona  
für 600 Euro.

Jetzt buchen:  
07071/93871-0



Vollversorgung. Eine ausführliche Fassung wird demnächst auf der Internetseite von Eberhard Waffenschmidt ([www.waffenschmidt.homepage.t-online.de](http://www.waffenschmidt.homepage.t-online.de)) zur Verfügung stehen. Der dazugehörige Vortrag und eine Zusammenfassung sind dort jetzt schon zu finden. Dr. Waffenschmidt studierte Elektrotechnik an der RWTH Aachen und arbeitet als Wissenschaftler im Philips-Forschungslabor in Aachen. Er ist Mitglied im SFV, der sich seit Jahren für einen energischen Ausbau der erneuerbaren Energien bis auf 100 Prozent engagiert.

## **Deutliche Senkung des Energieverbrauchs und Steigerung der Energieeffizienz als Voraussetzungen**

Waffenschmidts Zukunftsentwurf geht aus von einer beträchtlichen Senkung des Energieverbrauchs und einer damit einhergehenden Steigerung der Energieeffizienz. Die SFV-Studie umfasst die Möglichkeiten von Solarstrom und Solarwärme, Windenergie und Wasserkraft, Erdwärme und Bioenergie. Ihr Fazit ist eindeutig: Die vollständige Energiewende ist bereits mit den heute bekannten Techniken und Verfahren möglich - sogar in Deutschland, einem der am dichtesten besiedelten und am höchsten industrialisierten Länder der Welt. Allein mit Photovoltaik und Windenergie kann der gesamte Strombedarf gedeckt werden, und auch der Wärmebedarf und die Energie für Transport und Verkehr können vollständig aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden. Die Studie sei jedoch keine Vorhersage, betont der Autor. Sie sei vielmehr eine Aufforderung zur Diskussion oder besser noch: zum Handeln.



Fotos: BMU; H.-G. Oed (links) : BMU / Thomas Härtrich (rechts)

## **Hoher Energieverbrauch in Deutschland: 30.000 Kilowattstunden pro Kopf und Jahr**

Um herauszufinden, wie Deutschland mit erneuerbaren Energien versorgt werden kann, hat Waffenschmidt zunächst den Endenergiebedarf ermittelt. Das ist die Menge an Energie, die nach der Umwandlung der so genannten Primärenergie und den dabei entstehenden Verlusten genutzt werden kann, zum Beispiel als elektrischer Strom, als Wärme zum Heizen oder als Kraftstoff zum Fahren. Davon wurden im Jahr 2002 rund 2.450 Milliarden Kilowattstunden verbraucht. Und auch heute verbraucht jeder Deutsche etwas mehr als 30.000 Kilowattstunden jährlich. Dem Endenergieverbrauch stellt die Studie die Potenziale der erneuerbaren Energien gegenüber.

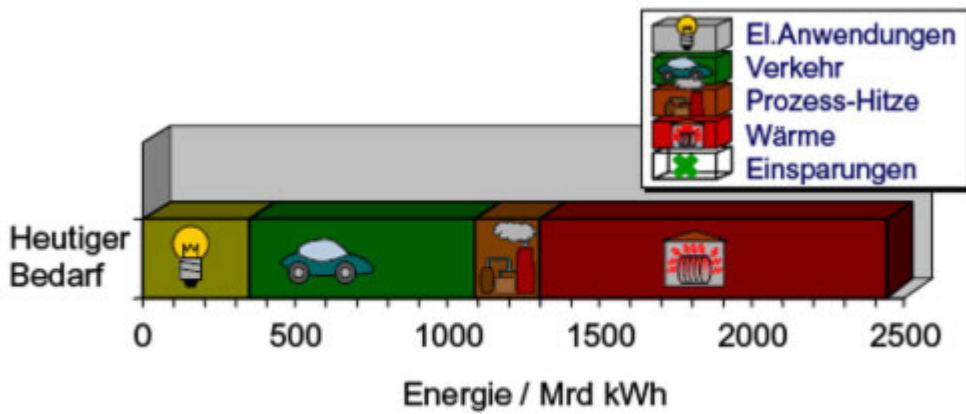


Bild 1: Endenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2002.

### Ein Fünftel für Strom, ein Drittel für den Verkehr

Allein der Stromverbrauch in Deutschland beträgt rund 500 Mrd. kWh im Jahr, macht aber gerade einmal ein Fünftel des gesamten Endenergieverbrauchs aus. In der öffentlichen Wahrnehmung hingegen spielt die elektrische Energie eine viel größere Rolle; Strom wird als das Symbol für Energie empfunden und daher beschränkt sich die Energiedebatte häufig auf die Elektrizität, obwohl in anderen Bereichen noch viel größere Beiträge zu leisten sind. Zum Beispiel für Transport und Verkehr (PKW, LKW, Eisenbahnen, Flugzeuge und Schiffe). Auf dieses Konto geht etwa ein Drittel der gesamten Endenergie, wobei der Treibstoffs als "Endenergie" gezählt wird, obwohl ein großer Teil bei der Umwandlung mit Motoren verloren geht.

### Fast die Hälfte der verbrauchten Energie wird für Wärme benötigt

"Prozesswärme" bezeichnet alle Anwendungen, bei denen Temperaturen über 200° C erforderlich sind. 97 % der Verfahren benötigen sogar mehr als 500° C. Beispiele sind die Glasherstellung, Metall-Schmelzen, aber auch das Backen. Hier wird ein deutlicher Teil in Form elektrischer Energie verwendet. Etwa die Hälfte der verbrauchten Energie wird für Wärme mit Temperaturen unter 200° C verwendet, der weitaus größte Teil hiervon wiederum für die Hauswärme, gefolgt von der Warmwasserbereitung und industriellen Anwendungen. Schon deshalb lohnt es sich besonders bei der Wärmeversorgung, fossile Energieträger zu reduzieren oder ganz zu ersetzen.

### Enorme Einsparmöglichkeiten bei der Wärmeversorgung, im Verkehr und im Alltag

Rund 40 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland können laut Waffenschmidt eingespart werden, ohne auf Komfort zu verzichten. Dafür müssen alle Häuser nach dem Stand der Technik isoliert und Autos gebaut werden, die durchschnittlich nur 3.3 Liter auf 100 Kilometer verbrauchen. Außerdem müssen zwei Drittel der Güter im Fernverkehr auf der Schiene transportiert werden, dürfen "Stand-by"-Schaltungen keinen Strom mehr verbrauchen und herkömmliche Lampen müssen durch Energie sparende Technologien ersetzt und intelligent geregelt werden.

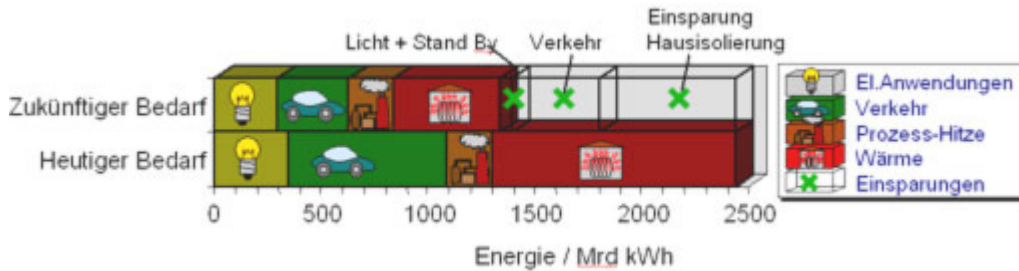


Fotos: BMU; H.-G. Oed

## Wärmedämmung kann fast ein Viertel des Endenergieverbrauchs einsparen

Waffenschmidt verweist auf mehrere Studien und Beispiele, die im Bericht der Enquetekommission des Bundestages beschrieben werden. Diese kommen zu dem Schluss, dass bei Altbauten insgesamt rund 70 % der Heizenergie eingespart werden können. Das sind mindestens 550 Milliarden Kilowattstunden Wärmeenergie pro Jahr beziehungsweise fast ein Viertel des gesamten Endenergieverbrauchs. Damit ist die Wärmedämmung einer der größten Einzelposten im Maßnahmenkatalog - und sie ist zugleich eine der am leichtesten zu realisierenden Möglichkeiten, fossile Energie zu vermeiden. Die eingesparte Wärmemenge entspricht drei Mal der Energie, die derzeit mit Kernkraftwerken erzeugt wird, errechnete Waffenschmidt.

Durchaus beachtlich sind die Möglichkeiten, im Verkehr zu sparen: Mit dem technisch machbaren "3-Liter-Auto" können der Verbrauch für den Personen-Autoverkehr halbiert und pro Jahr 200 Mrd. kWh eingespart werden. Werden zwei Drittel des Straßen-Fernverkehrs auf die Bahn verlagert, sind weitere 180 Mrd. kWh pro Jahr einzusparen. Mit dem Verzicht auf die stromfressenden Stand-By-Schaltungen und durch energiesparende Beleuchtung können zusätzlich 55 Mrd. kWh gespart werden, etwas mehr als ein Zehntel des Stromverbrauchs. Insgesamt sparen die genannten Maßnahmen rund 1.000 Mrd. kWh Strom pro Jahr. Das ist mehr als doppelt soviel als der jährliche Stromverbrauch und entspricht etwa 40 % des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland.



Der untere Balken der Grafik zeigt den heutigen Energieverbrauch, während der obere Balken den künftigen Verbrauch widerspiegelt, wobei die farblosen Balken die möglichen Einsparungen darstellen.

## Erneuerbare Energiequellen in und für Deutschland

Wenn die technisch möglichen Energie-Einsparungen verwirklicht werden, übersteigt im SFV-Szenario die Gesamtmenge der erneuerbar erzeugten Energie sogar den Bedarf. Solar- und Windstrom allein könnten den gesamten elektrischen Energiebedarf decken, Wasserkraft, Geothermie und Biomasse in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) können weitere wichtige Beiträge zur Stromversorgung leisten, gerade auch weil diese wesentlich besser zu kontrollieren sind und dem aktuellen Verbrauch angepasst werden können. Eine detaillierte Bewertung weist die Potenziale aus. Mit Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraftwerken, Windenergieanlagen, Geothermie-Kraftwerken und Wärmepumpen sowie Anlagen zur nachhaltigen Nutzung der Biomasse stehen ausgereifte Technologien zur Energieautonomie zur Verfügung, die es rasch und möglichst vollständig zu nutzen gilt.

## Solarenergie für Strom und Wärme

Solarzellen können die Sonnenenergie unmittelbar in elektrischen Strom umwandeln (Photovoltaik), thermische Sonnenkollektoren erzeugen Wärme für Brauchwasser oder die Heizung. Wenn auf jedem geeigneten Dach und an jeder geeigneten Fassade eine Solarstromanlage installiert wird, lassen sich nach Waffenschmidts Berechnungen etwa 40 % des heutigen Stromverbrauchs mit Photovoltaik decken.



Photovoltaikmodule an einer Lärmschutzwand; Solarwärmeanlage in Steinfurt-Borghorst mit 510 m<sup>2</sup> Flachkollektoren. Fotos: BINE Informationsdienst; ForschungsVerbund Sonnenenergie (FVS)

Die umfangreiche Statistik des SFV über die Erträge von Photovoltaikanlagen mit über 3.000 Teilnehmern aus ganz Deutschland zeigt, dass ein Quadratmeter Solarzellen heutzutage mindestens 100 kWh Strom pro Jahr erzeugen kann. Sollte der gesamte Endenergieverbrauch in Deutschland mit Photovoltaik gedeckt werden, wäre dafür allerdings eine Fläche von 25.693 Quadratkilometern erforderlich, was einem Quadrat mit einer Kantenlänge von 160 km entspricht. Dies entspräche wiederum der Fläche eines Bundeslandes von der Größe Hessens - und lässt eine derartige Lösung ziemlich unwahrscheinlich erscheinen.

### 190 Milliarden Kilowattstunden jährlich aus Solarzellen auf Dächern und an Fassaden

Andererseits entspricht die Fläche in etwa der gesamten Siedlungsfläche in Deutschland von 23.938 km<sup>2</sup> (Gebäude und zugehörige Freiflächen). Sie ist auch nicht sehr viel größer als die gesamte Fläche für den Verkehr von (17.446 km<sup>2</sup>). In jedem Fall könnten laut SFV vorhandene Dächer und Fassaden mit einer Gesamtfläche von rund 2.100 km<sup>2</sup> mit Solarstrommodulen belegt werden. Wenn davon 90 % zur Stromerzeugung genutzt werden, ließen sich dort 190 Mrd. kWh pro Jahr erzeugen, was knapp 40% des heutigen Stromverbrauchs entspricht. Die restlichen 10 % der Flächen können nach dem im SFV-Konzept für die Solarwärme-Produktion genutzt werden.

### Solarthermische Kraftwerke statt Braunkohle-Tagebau

Als weitere Möglichkeiten für die Solarenergienutzung nennt Waffenschmidt die Braunkohle-Tagebau-Areale mit insgesamt rund 600 km<sup>2</sup> Betriebsflächen. Auf einer Fläche dieser Größe könnten mit solar-thermischen Kraftwerken (konzentrierte Sonnenenergie plus Dampfturbinen) 30 Mrd. kWh pro Jahr produziert werden. Überdachte Verkehrsflächen sind zahlenmäßig nicht in die Studie eingegangen, zum Beispiel die deutschen Autobahnen die allein 300 km<sup>2</sup> ausmachen könnten.

### Windenergie: Repowering, Zubau an Land und Windparks auf See

Ende 2005 drehten sich in Deutschland knapp 18.000 Windräder mit einer

durchschnittlichen Generatorgröße von einem Megawatt (MW) und einer installierten Gesamtleistung von Gigawatt (GW). Die Windräder im Binnenland liefern ähnliche Beiträge zur Stromerzeugung wie die Windenergieanlagen an der Küste, wenn sie an die dortigen Windverhältnisse angepasst sind. Würden alle bestehenden Windräder durch leistungsfähige Generatoren mit 3 MW ersetzt (Repowering), wie bei neuen Windrädern üblich, könnten diese 100 Mrd. kWh Strom pro Jahr erzeugen.

Der SFV und Waffenschmidt halten es für durchaus akzeptabel, alle Binnenländer so weit aufzurüsten, wie dies bei den mit Windenergieanlagen gut bestückten Bundesländern im Binnenland bereits der Fall ist. Besonders südlich der Main-Linie ist die Windkraft derzeit nur wenig ausgebaut. Mit etwas größeren Rotoren oder Nabenhöhen lasse sich allerdings auch dort die Windenergie sinnvoll nutzen. Vorbild für den Ausbau der Windenergie könnte zum Beispiel Nordrhein-Westfalen sein.

NRW hat eine hohe Bevölkerungsdichte, aber auch große Gebiete wie die Eifel und das Rothaargebirge, die mit vielen Naturparks wenig zur Windenergieerzeugung beitragen können. Trotzdem hat NRW im Vergleich zu anderen Binnen-Bundesländern eine hohe Dichte von 7 Windrädern pro 100 Quadratkilometer. Wenn alle Bundesländer mindestens diese Dichte erreichen und dabei sämtliche bestehenden und neuen Standorte mit modernen 3 MW-Windrädern besetzt werden, können in Deutschland 161 Mrd. kWh an Land mit Windkraft erzeugt werden, das sind 32.2% des Stromverbrauchs.



Rechts: Cartoon von Eberhard Waffenschmidt

Einen weiteren Beitrag können Offshore-Windparks mit 110 Mrd. kWh pro Jahr liefern. Insgesamt lassen sich dann mittels Windkraft (Offshore und ausgebautes Inland) pro Jahr 270 Mrd. kWh Strom pro Jahr erzeugen. Dies entspricht 54 % des jährlichen Stromverbrauchs in Deutschland.

## Tiefengeothermie für Ballungsräume, Wärmepumpen auf dem Land

Eine Energiequelle, die in Deutschland erst am Anfang steht, ist die so genannte Tiefengeothermie, die Erdwärme aus über 3.000 Metern Tiefe nutzt. Dort beträgt die Temperatur über 100 °C und ist hoch genug, um mit Geothermie-Kraftwerken auch elektrischen Strom zu erzeugen. Erdwärme aus tiefen Schichten ist jedoch nicht beliebig lang verfügbar. Vielmehr ist der Wärmestrom aus dem Erdinnern in die zugänglichen Erdschichten relativ klein, so dass diese auf lange Sicht allmählich auskühlen können. Dennoch ist dort unten genügend Energie vorhanden, um Deutschland 450 Jahre lang komplett mit Strom und Wärme zu versorgen. Dabei würde aus technischen Gründen überhaupt nur 4 % der vorhandenen Wärmeenergie genutzt werden. Die Tiefengeothermie hat also ein enormes, noch ungenutztes Energiepotenzial.

Elektrisch betriebene Wärmepumpen, die Wärme aus oberflächennahen Erdschichten herausziehen, werden in der SFV-Studie nur indirekt berücksichtigt, da sie die Umweltwärme zur Heizung und Kühlung zwar effizient umwandeln, aber nicht als Energiequelle zu betrachten sind. Besonders in ländlichen Gegenden lässt sich auf diese Weise dezentral Wärme gewinnen. Die Erdwärme aus oberflächennahen Schichten steht praktisch unbegrenzt zur Verfügung, da der Boden ausschließlich von der Sonne erwärmt wird.

Da die Erdwärme beschränkt ist, sollte laut SFV jedoch nicht unnötig viel verbraucht

werden. Geothermische Kraftwerke haben bei der Stromerzeugung nur einen Wirkungsgrad von rund 10 %. Daher geht der SFV davon aus, dass auch die Abwärme bei der Stromproduktion zum Heizen und für andere Arten der Wärmeerzeugung genutzt wird. Geothermische Kraftwerke sind zentrale Anlagen, deren wirtschaftlicher und technischer Betrieb eine gewisse Größe voraussetzt und mit denen kleinere Siedlungen oder ganze Stadtteile versorgt werden können. Um die Wärme an die Verbraucher zu verteilen, ist ein Fernwärmenetz erforderlich. Demnach sollten geothermische Kraftwerke überwiegend in dicht besiedelten Gegenden errichtet werden, die mit Fernwärmenetzen versorgt werden. Unter diesen Randbedingungen können nach Waffenschmidts Berechnungen 225 Mrd. kWh pro Jahr aus geothermisch erzeugter Wärme verteilt werden, wobei gleichzeitig knapp 25 Mrd. kWh Strom produziert werden. Damit lassen sich etwa die Hälfte des künftigen Wärmebedarfs in Haushalten, Gewerbe und Industrie und etwa 5 % des gegenwärtigen Stromverbrauchs decken.

## Strom, Wärme und Kraftstoffe aus Biomasse

Würden die deutschen Wälder nachhaltig genutzt, auf überschüssigen Flächen "Energiepflanzen" angebaut und auch alle organischen Reststoffe wie Stroh, Restholz und nachhaltiges Brennholz sowie Bio-, Klär- und Deponiegas werden effektiv verwendet, kann damit knapp die Hälfte der Energiemenge gewonnen werden, die heute im Verkehr verbraucht wird. Biomasse hat den enormen Vorteil, dass sie sich hervorragend lagern lässt und damit die enthaltene Energie gespeichert werden kann. Sie steht damit das ganze Jahr Tag und Nacht zur Verfügung. Aus Biomasse lassen sich mit Kraft-Wärme-Kopplung Strom und Wärme in konventionellen Kraftwerken gewinnen. Sie kann und wird auch direkt verbrannt, um Wärme zu erhalten. Weiter lässt sich aus Biomasse Treibstoff gewinnen.

Bei der Verwendung von Biomasse zur Energieerzeugung entsteht klimaschädliches Kohlendioxid. Doch wenn nur so viel Biomasse verbraucht wird, wie im selben Zeitraum nachwächst, wird die gleiche Menge Kohlendioxid aus der Luft gebunden und die Kohlendioxid-Bilanz ausgeglichen. Dies setzt jedoch zwingend voraus, dass die Verwendung der Biomasse nachhaltig geschieht, und nicht mehr verwendet wird, als nachwachsen kann.

## Energie aus dem Wald und vom Acker

In Deutschland gibt es im Wesentlichen drei Bioenergie-Quellen: Holz aus den Wäldern, eigens angebaute Energiepflanzen und Reststoffe verschiedenster Art. Der Bioenergeträger Rohholz, spielt heute nur eine untergeordnete Rolle, hat allerdings noch ein großes Potenzial, das noch im Jahr 2000 nur zu 6 % genutzt wurde. Das Potenzial von Holz zur nachhaltigen energetischen Nutzung wird mit 24,9 Millionen Tonnen pro Jahr angegeben, was einem Energiegehalt von 126 Mrd. kWh pro Jahr entspricht.

Die Europäische Union hat beschlossen, 10% der landwirtschaftlichen Nutzfläche stillzulegen, diese dürfen aber laut EU-Beschluss dennoch zum Anbau von Energiepflanzen genutzt werden. Damit sind in Deutschland jetzt schon 19.100 km<sup>2</sup> Landfläche zum Anbau nachwachsender Energierohstoffe verfügbar. Eine weitere Studie im Auftrag des Bundesumweltministeriums (BMU) kommt auf verfügbare Flächen von bis zu 44.400 km<sup>2</sup> (23 % der Anbaufläche), die mittelfristig unter Berücksichtigung ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte sowie unter Beibehaltung eines ausreichenden Selbstversorgungsgrades (Nahrungsmittel) auch für Energiepflanzen genutzt werden können. Waffenschmidt geht in der Studie von 38.000 km<sup>2</sup> aus, die 20 % der Anbaufläche entsprechen.

Anzeigen
<a href="#">DJ Equipment</a> DJ-Software, DJ Equipme und DJ Zubehör günstig bestellen.
<a href="#">Altenpflege</a> Humanis - Partner für Altenpflege, Pflegedienst Seniorenbetreuung.
<a href="#">Übersetzung Deutsch Eng</a> Übersetzungsservice Ling Übersetzung Deutsch Eng
<a href="#">Pauschalreisen</a> Travel24 - Ihr Spezialist für Pauschalreisen und Urlaubsreisen.



Biogasanlage; Holzpellets. Quellen: SunTechnics; Solar Promotion GmbH

## Biogas- und Treibstoffproduktion aus Energiepflanzen

Eine Möglichkeit, diese Fläche zu nutzen, wäre der Anbau von Raps, aus dessen Öl Treibstoff zu gewinnen ist. Damit ließe sich auf den angenommenen Flächen eine Energiemenge von 60 Mrd. kWh in Deutschland ernten, womit rund 8 % des Kraftstoffverbrauchs für den heutigen Verkehr gedeckt werden können. Eine deutlich größere Energiemenge lässt sich erzielen, wenn nicht nur der Ölanteil in den Samen genutzt wird, sondern die gesamte Biomasse der Pflanzen. Dann können schnell wachsende Energiepflanzen angebaut werden, wie zum Beispiel Miscanthus (Chinagrass oder Elefantengras), Pappeln, Weiden oder Triticale, aber auch Mais kommt in Frage.

Damit lässt sich auf den genannten 38.000 km<sup>2</sup> Biomasse mit einem Brennwert von 420 Mrd. kWh anbauen, welche in der SFV-Studie anstelle des Raps-Anbaus berücksichtigt werden. Die schnell wachsenden Energiepflanzen lassen sich entweder in Biogas oder in flüssige Treibstoffe umwandeln. Biogas besteht zum größten Teil aus Methan. Aufbereitet kann es in das Erdgasnetz eingespeist werden und dann wie Erdgas als Treibstoff für Fahrzeuge dienen, Biomethan ist aber auch zur Erzeugung von Prozesswärme oder in KWK zum Heizen und zur Erzeugung von Strom geeignet. In heutigen Biogasanlagen kann etwa die Hälfte des Brennwertes von Energie-Pflanzen genutzt werden, so dass typischerweise etwa 55.000 kWh nutzbares Methangas aus der Ernte eines Hektars erzeugt werden können. Biogasanlagen können dezentral betrieben werden, was einen geringen Transportaufwand bedeutet und die Nutzung der Abwärme ermöglicht. Die Reststoffe sind hervorragender Dünger, der noch alle wesentlichen Nährstoffe des Pflanzen enthält, so dass auf im wesentlichen auf Kunstdünger verzichtet werden kann und eine nachhaltige Bewirtschaftung der Anbauflächen möglich erscheint.

Die Umwandlung von Biomasse in flüssige Treibstoffe ist ebenfalls möglich, besonders mit dem "Biomass to Liquid" (BtL)-Verfahren. Die Angaben über die energetische Effizienz des Verfahrens schwanken zwischen 10 % und 50 %. Rund 25% scheinen Waffenschmidt realistisch und gehen in die Studie ein, so dass damit nur halb so viel nutzbarer Kraftstoff wie mit Biogasanlagen erzeugt werden kann, denen der SFV den Vorzug gibt. Das BtL-Verfahren erfordere zentrale großtechnische Anlagen, die einen hohen Transportaufwand bedingen und die Nutzung der Abwärme erschweren. Die Reststoffe müssen in Deponien entsorgt werden. Daher müssen die Anbauflächen mit energieaufwändigem Kunstdünger gedüngt werden, was eine nachhaltige Bewirtschaftung der Böden unwahrscheinlich macht und die Energiebilanz zusätzlich verschlechtert. Das Energiepotenzial aus Reststoffen (z.B. Deponiegasgewinnung oder Rückstände aus der Bierherstellung) beträgt rund 140 Mrd. kWh.

Bei der Umwandlung in Endenergie, also den Strom aus der Steckdose, für die Wärme im Haushalt und den Biokraftstoff im KFZ, geht zwar Energie verloren, aber insgesamt bleiben rund 330 Mrd. kWh als nutzbare Endenergie aus Biomasse übrig. Sie entsprechen 46 % der Energie, die heute im Verkehr benötigt wird. Allerdings ist nicht die gesamte Energie unmittelbar als Treibstoff zu verwenden; besonders die festen Reststoffe sind nur zum Teil als Treibstoff geeignet.

## Wasserkraft-Potenzial fast erschöpft

Die Nutzung der Wasserkraft ist in Deutschland weitgehend ausgeschöpft. Eine deutliche Steigerung würde große Stauseeprojekte notwendig machen, die in der Gesellschaft nicht akzeptiert werden. Durch die Reaktivierung alter Wasserkraftwerke und die Errichtung einiger Laufwasserkraftwerke lässt sich die Stromerzeugung aus Wasserkraft allerdings noch auf bis auf 33 Mrd. kWh pro Jahr ausbauen, dann hätte sie einen Anteil von 6.6 % an der heutigen Stromerzeugung.

## Bedarfsgerechter Erneuerbare-Energien-Mix

Die folgende Übersichtsgrafik zeigt die Summe aller erneuerbaren Energiequellen als Balken (ganz oben) im Vergleich zum gesamten Energiebedarf (ganz unten). Es wird ersichtlich, dass insgesamt deutlich mehr erneuerbare Energie zur Verfügung steht, als in Zukunft benötigt wird. Allerdings liegt diese nicht immer in der Form vor, in der sie den Bedarf decken kann. Der zweite Balken von oben zeigt daher das Energieangebot, das sich aus den Energiequellen erzeugen lässt.

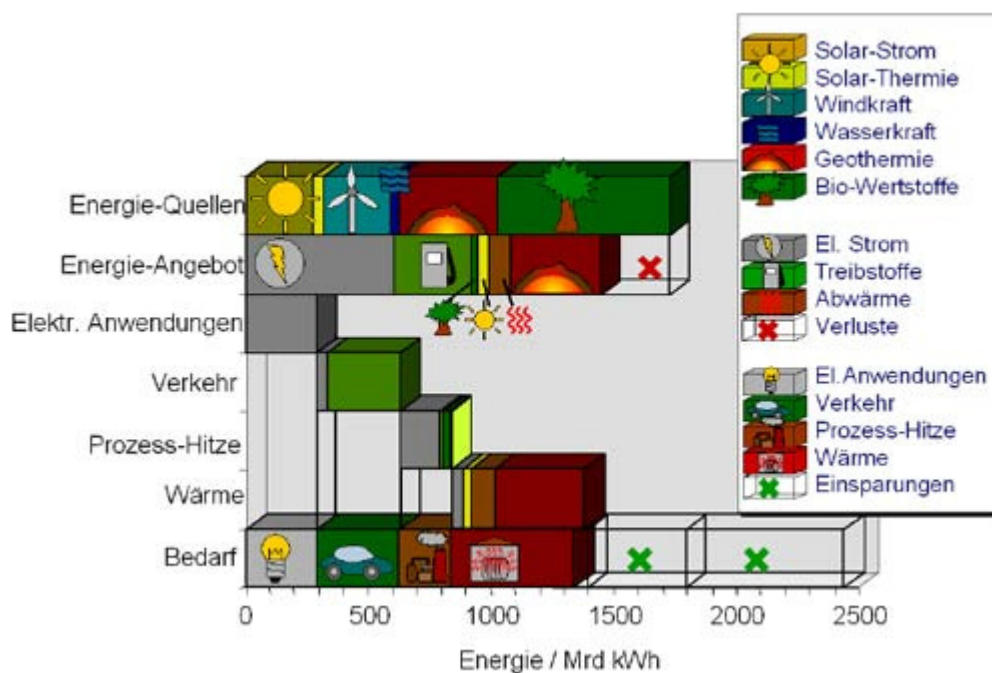


Bild: Energieströme SFV-Szenario.

Insgesamt lassen sich laut SFV-Szenario rund 600 Mrd. kWh Strom aus Sonne, Wind, Wasser und Erdwärme erzeugen. Die Menge an Treibstoff entspricht rund 300 Mrd. kWh (Biogas, Pflanzenöl und Bio-Diesel bzw. – Kerosin). Weitere Angebote sind direkt genutzte Biomasse (20 Mrd. kWh), Solarthermie (42 Mrd. kWh), Geothermie und Erdwärme (275 Mrd. kWh). Die Übersicht zeigt, wie sich die angebotenen Energien auf die verschiedenen Anwendungsklassen verteilen können: Für jede Anwendungsklasse wird die benötigte Energie in passender Form aus erneuerbaren Quellen bereit gestellt.

## Energie-Mix aus dezentralen Anlagen, Ausbau der Stromnetze, Speicher für erneuerbare Energien

Aus Sonnen- und Windenergie kann nicht zu jedem Zeitpunkt elektrische Energie erzeugt werden: Solarzellen erzeugen nur tagsüber Strom, der Wind weht nicht immer. Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien erfolgt zwar nicht immer stetig, allerdings ist auch der Stromverbrauch nicht gleichmäßig. Der Höchstwert (Spitzenlast) wird gegen Mittag erreicht, in der Nacht ist der Bedarf am geringsten. Der Unterschied beträgt in etwa Faktor zwei. In Kombination mit weiteren grundlastfähigen Quellen (Bioenergie, Geothermie) mit intelligenten Regeltechnologien passt sich die Erzeugung zwar nicht exakt, aber doch im Trend dem Verbrauch an.

Die Mischung unterschiedlicher Energieformen sorgt weiterhin dafür, dass sich die Erzeugung über das Jahr verteilt dem Verbrauchstrend angleicht. Im Winter nimmt der Verbrauch durch mehr Dunkelheit und Kälte zu, und die Solarstrom-Produktion nimmt ab. Dafür wächst aber tendenziell die erzeugte Windstrommenge. Außerdem steht dann mehr Strom aus wärmegeführten Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen zur Verfügung, der den erhöhten Verbrauch ausgleichen kann. Erneuerbare Energien sind also zuverlässiger, als der erste Eindruck glauben macht, betont Waffenschmidt.



Windpark mit 1,5 MW-Turbinen. Photovoltaik-Solarfassade in Freiburg. Fotos: Nordex AG; Solarfabrik AG

## Dezentrale Windenergieanlagen in Europa sichern Teile der Grundlast

Besonders Windräder liefern erstaunlich zuverlässig elektrischen Strom: derzeit gilt knapp die Hälfte der in Deutschland mit Windrädern erzeugten Energie bei den Energieversorgern als "gesicherte Leistung", die mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit von 99 % zur Verfügung steht. Grund ist die weite geographische Verbreitung der Windräder, deren Energieerzeugung mit größer werdendem Abstand immer weniger korreliert. Oder vereinfacht gesagt: irgendwo weht immer der Wind. Wenn über ganz Europa verteilte Windräder zusammengeschlossen sind, steht ein noch viel größerer Anteil an Windenergie konstant und verlässlich zur Verfügung. Dies würde jedoch bedeuten, dass die europäischen Stromnetze besser ausgebaut werden müssen. Bei einem Mix von Energieformen sind diese Ausgleichseffekte noch stärker und die großflächige Vernetzung reduziert den Bedarf für Speicherung enorm, argumentiert der SFV.

## Erforderliche Speicherkapazität abhängig vom Ausbau der Stromnetze

Eine weitere Möglichkeit, den Bedarf an elektrischer Speicherkapazität im Stunden- und Halbtagesbereich zu senken, ist, den Verbrauch an die Erzeugung anzupassen. Hier eröffnet sich ein nicht vernachlässigbares Potenzial, den Stromverbrauch zeitlich zu verschieben. Wichtige Beispiele sind Kühleinrichtungen oder Heizungen (direkt oder Wärmepumpen).

Dennoch werden in Zukunft weitere Strom-Speicher benötigt. Dazu gibt es eine Vielzahl an Technologien wie beispielsweise Druckluftkavernen, Pumpspeicher, Batterien, Wasserstoff oder thermochemische Speicher. Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, dass Speichermöglichkeiten mit einer Kapazität von etwa 3 % der jährlich erzeugten elektrischen Energie benötigt werden. Diese werden mehrmals pro Jahr genutzt, so dass insgesamt 18 % der jährlich erzeugten elektrischen Energie zwischengespeichert werden können. Welche Speicherkapazität am Ende tatsächlich installiert wird, hänge jedoch auch davon ab, in welchem Maße die Stromnetze ausgebaut würden, so das Fazit der SFV-Studie.

## Diskussion über einen Paradigmenwechsel der Energieversorgung

Die SFV-Studie kann und soll Diskussionen in Gang setzen, die weit über den Horizont der auf dem EU-Gipfel ins Auge gefassten Ziele für den Ausbau der Erneuerbaren hinausgehen. Sie soll einen Paradigmenwechsel herbeiführen, eine radikale Neuorientierung hinsichtlich der Grundlagen der Energieversorgung und der Bewertung der technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Möglichkeiten, so SFV-Geschäftsführer Wolf von Fabek. Auf der Grundlage der in der SFV-Studie beschriebenen

Voraussetzungen ist ein vollständiger Umstieg auf erneuerbare Energien demnach auch keine prinzipielle Frage: Wenn es möglich ist, zehn, 20 oder 50 Prozent der Energie regenerativ zu erzeugen, sind auch 100 % machbar.

Politik, Verbände und Branche sind zu einem Meinungsaustausch eingeladen, beispielsweise in der Rubrik "[Standpunkt](#)" auf dem Solarserver. Wir danken Herrn Dr. Waffenschmidt und dem SFV für die Unterstützung und das zur Verfügung gestellte Material.

Der komplette Vortrag kann in der jeweils aktuellen Version von der Homepage des Autors Eberhard Waffenschmidt (<http://www.waffenschmidt.homepage.t-online.de/>) heruntergeladen werden als Powerpoint Dokument (3.5 MB)

Weitere Informationen zum Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V.:  
<http://www.sfv.de>

---

### Der Solarserver - Ihr Internetportal zur Sonnenenergie:

[Archiv](#) [Bannerwerbung](#) [Behörden](#) [Berichte](#) [Bücher](#) [Brennstoffzelle](#) [Einkaufen](#) [Fachkräfte](#) [Fachliteratur](#) [Firmen](#) [Förderung](#) [Forschung](#) [Geschenke](#) [Initiativen](#) [Interviews](#) [Links](#) [Medien](#) [Messen](#) [Nachrichten](#) [Nachschlagen](#) [Photovoltaik](#) [PV-Ratgeber](#) [Service](#) [Software](#) [Solaranlagen](#) [Solarthermie](#) [Stellenangebote](#) [Veranstaltungen](#) [Verbände](#)

[Branche](#) [Bücher](#) [Geld](#) [Impressum](#) [Initiative](#) [Lexikon](#) [Pinnwand](#) [Service](#) [Solar-Magazin](#) [Solarstore](#) [Termine](#) [V](#)

[nach oben](#)

Letzte Änderung: 12:32 7.5.2007

**Webdesign Heindl Internet AG**