



Passender Mosaikstein

Killerargumente widerlegen (7): »Photovoltaik kann kein Kraftwerk ersetzen«

Wind- und Solarstrom könnten nie wie Kohle- oder Kernkraftwerke die Grundlast des deutschen Strombedarfs decken. Das behauptet jedenfalls die Elektrizitätswirtschaft. Dieser Vergleich zwischen einzelnen Energieträgern führt jedoch in die Irre. Entscheidend ist der Mix aus verschiedenen erneuerbaren Quellen: Er kann den konventionellen Kraftwerkspark langfristig sehr wohl ersetzen.



Kontrastprogramm: Eine Solarstromanlage (im Vordergrund) spielt in einem regenerativen Kraftwerkspark eine ganz andere Rolle als Kohle- oder Kernkraftwerke in einem konventionellen. Ein direkter Vergleich zwischen den einzelnen Kraftwerkstypen auf Basis der verfügbaren Leistung hinkt deshalb.

Auf dem Kongress »Kraftwerke 2002« im vergangenen Oktober in Berlin schlug Gerd Jäger Alarm. Der Vorstandsvorsitzende des Verbandes VGB PowerTech, in dem 300 deutsche und 130 ausländische Kraftwerksbetreiber und -hersteller zusammengeschlossen sind, äußerte die Befürchtung, die erfolgreich entwickelte Erzeugungsstruktur aus Braun- und Steinkohle, Kernenergie, Gas, Öl und den erneuerbaren Quellen wie Wasser und Wind solle »bewusst sturmreif geschossen« werden. In der politischen Diskussion werde »leichtfertig suggeriert«, mit den regenerativen Energien allein könne man eine sichere Versorgung gewährleisten. Gegen solche »völlig illusionäre Energieszenarien« hielt Jäger fest: »Wir werden bis mindestens

2050 ohne wesentlichen Beitrag der heute wichtigsten Säulen der Stromversorgung nicht auskommen.«

Die konventionelle Energiewirtschaft setzt vor allem auf neue, effizientere Techniken der Kohleverstromung. Jäger argumentiert: Vor die Wahl gestellt, heute 1.000 Megawatt elektrische Leistung auf der Basis von Steinkohle oder Windenergie zu installieren, lägen die Vorteile »glasklar bei der Steinkohle«. Dabei verweist er unter anderem auf die vierfache Stromausbeute pro Kilowatt Leistung – ein typisches Totschlagargument gegen die alternative Stromversorgung mit erneuerbaren Energien. Die Photovoltaik spielt bei solchen Überlegungen schon gar keine Rolle mehr: »Für die Stromversorgung in Deutschland wird sie

Technische und wirtschaftliche Kenndaten verschiedener Kraftwerke

Kraftwerkstyp	Kernkraft	Braunkohle	Kraftwerkspark	Steinkohle	Erdgas	Heizöl	Einheit
konventionell			Deutschland (D)				
Volllaststunden	7.228 *)	7.033 *)	4.820 *)	4.304 *)	2.353 *)	279 *)	Std./Jahr
Investitionskosten	1.700 - 2.500	1.300	–	1.175 - 1.600	525 - 600	k.A.	Euro/kW
Kraftwerkstyp	Laufwasser	Speicherwasser	Pumpspeicher	Geothermie	Biomasse	Solarthermie	Einheit
regenerativ, wenig fluktuierend					Kraft/Wärme	Nordafrika	
Volllaststunden	5.903 *)	1.529 *)	755 *)	5.000 - 7.000	3.000 - 5.000	2.500 - 6.000	Std./Jahr
Investitionskosten	4.000 - 7.150	k.A.	k.A.	3.500 - 4.350	2.700 - 7.150	1.900 - 2.800	Euro/kW
Kraftwerkstyp	Windkraft	Windkraft	Windkraft	Windkraft	Photovoltaik	Photovoltaik	Einheit
regenerativ, fluktuierend	Nordafrika	Offshore (D)	Festland (D)	Schnitt (D)	(D)	Nordafrika	
Volllaststunden	2.650 - 6.000	3.500 - 4.000	1.000 - 3.000	1.252 - 1.613*)	700 - 1.100	1.600 - 2.000	Std./Jahr
Investitionskosten	k.A.	1.550 - 2.700	970 - 1.250	k.A.	5.100 - 7.150	k.A.	Euro/kW

*) Durchschnittswert im Jahr 2001 in Deutschland; Windkraft: Durchschnittswert 2001/2000

Schlüsselzahlen: Hohe Investitions-, aber geringe Betriebskosten sind der Grund dafür, dass Braunkohle- und Kernkraftwerke pro Kilowatt installierter Nettoleistung jährlich eine große Strommenge – umgerechnet in Volllaststunden – produzieren. Bei einem regenerativen Kraftwerkspark passt diese Strategie nicht mehr ins System.

selbst perspektivisch keinen relevanten Beitrag leisten«, sagte Christian Schneller, Leiter des Bereichs Energiepolitik bei der Eon Energie AG, auf dem VGB-Kongress.

Eines ist am Argument der höheren Stromausbeute richtig: Wenn man die Menge an Kilowattstunden, die ein Steinkohlekraftwerk der heutigen Generation in einem Jahr liefert, durch seine Nettoleistung in Kilowatt teilt (die Bruttoleistung abzüglich des Eigenverbrauchs), dann kommt man auf etwa 4.600 Volllaststunden. Diese Zahl sagt aus, in wie viel Stunden die Strommenge bei ständig voller Leistung des Kraftwerks erreicht worden wäre. Die Annahme Jägers für ein modernes Kohlekraftwerk ist allerdings sehr optimistisch: Er geht von einem Ausnutzungsgrad von 90 Prozent aus. Da ein Jahr 8.760 Stunden hat, entspräche dies fast 7.900 Volllaststunden. So viel Energie liefert heute nicht einmal ein durchschnittliches Kernkraftwerk. Windmühlen liegen im Binnenland zwischen 1.000 und 2.500 Volllaststunden, an der Küste erreichen sie bis zu 3.000 und im Offshore-Bereich auch 4.000 Volllaststunden. Bei Photovoltaikanlagen sind es zwischen 700 und maximal 1.100.

Das ist aber nur die eine Seite der Medaille. Windräder laufen nämlich nach Angaben des Wirtschaftsverbandes Windkraftwerke bis zu 8.000 Betriebsstunden im Jahr, nur eben nicht immer mit voller Leistung. Photovoltaikanlagen sind rund 4.000 Stunden aktiv. Die Elektrizitätswirtschaft argumentiert nun, erneuerbare Energiequellen könnten die Grundlast des Strombedarfs nicht decken, weil sie weit verstreut, schwankend und nicht vorhersehbar seien. Doch die viel beschworene Grundlast entsteht auf die gleiche Weise – aus einer Vielzahl verstreuter Stromabnehmer, deren Verbrauch ständig schwankt und im Einzelnen ebenfalls nicht vorhersehbar ist. Der Strombedarf eines mit Elektroöfen betriebenen Stahlwerks beispielsweise zeigt

bereits stärkere Fluktuationen als die Stromproduktion eines größeren Windparks. Auch die Schwankungen von Photovoltaikanlagen im Sekunden- und Minutenbereich gleichen sich schon nach wenigen Kilometern Entfernung so stark aus, dass Stundenmittelwerte für die Berechnung eines Verbundnetzes ausreichen.

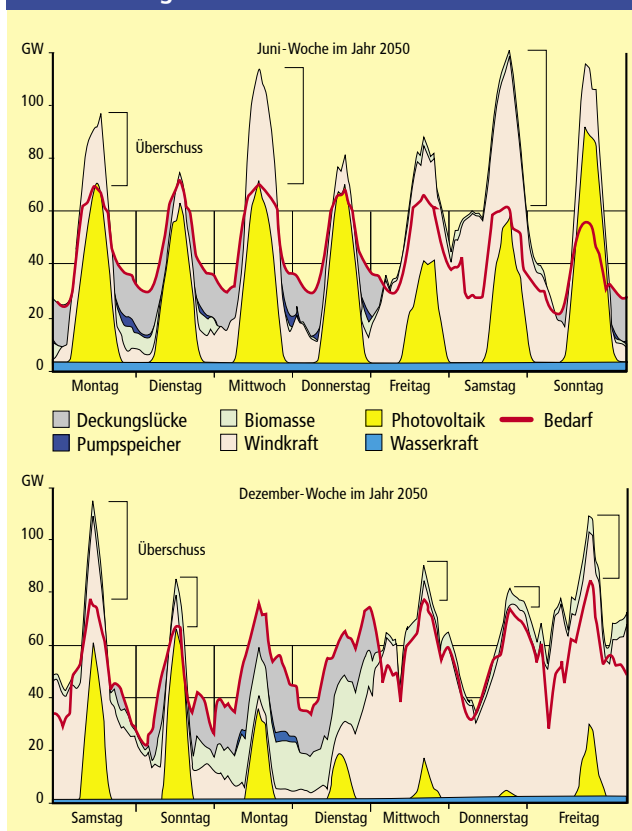
Alternative zu Grundlastkraftwerken

Wenn man sich den Verlauf der Stromnachfragekurve in Deutschland über mehrere Tage hinweg ansieht, erkennt man eine ständige Berg- und Talbahn. Die Kraftwerksbetreiber müssen erst einmal durch günstige Nachtstromtarife – vor allem für Nachtspeicherheizungen – dafür sorgen, dass die Täler teilweise gefüllt wurden (siehe Grafik Seite 57). Nur so konnten sie die besonders hohen Investitionskosten für Braunkohle- und Kernkraftwerke auf viele Betriebsstunden im Jahr umlegen. Die Mittellast decken dann Steinkohlekraftwerke ab, die Spitzenlast Erdgas- und Heizölkraftwerke sowie Pumpspeichieranlagen.

Alternativlos ist dieses System nicht. Photovoltaikanlagen, die ihre höchste Leistung mittags erreichen, passen sehr gut zur Lastkurve des Stromverbrauchs. Sowohl im Tagesverlauf als auch jahreszeitlich ergänzen sie sich mit Windkraftanlagen, die auch nachts in Betrieb sind und im Winter ihr Leistungsmaximum erreichen. An diesem Punkt stellt der bayerische Wirtschaftsminister Otto Wiesheu gern die Frage: »Woher soll der Strom denn kommen, wenn die Sonne nicht scheint und der Wind nicht bläst?« Diese Situation kann jedoch nur nachts eintreten: Photovoltaikanlagen liefern tagsüber auch bei schwach bedecktem Himmel Strom. Und wenn starke Bewölkung über ganz Deutschland die Solarstromerzeugung unterbricht, herrscht praktisch nie Windstille. Um die restlichen Lücken im Stromangebot zu füllen, ist eine Reservekapazität notwendig. Dafür kommen zum Beispiel Biomasse-Kraftwerke in Frage. Auch Pumpspeichieranlagen können hier vermehrt einspringen.

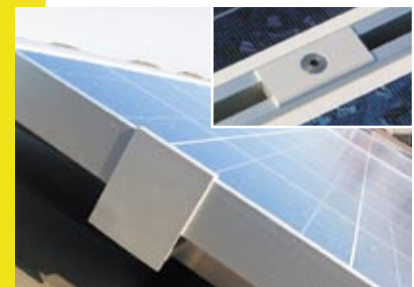
Mit Hilfe von Wetterprognosen und moderner Kommunikationstechnik lässt sich ein Netz aus vielen dezentralen kleinen Stromerzeugern so steuern, dass es wie ein »virtuelles Kraftwerk« arbeitet. Solch ein intelligentes Energiemanagement wird derzeit im Leitprojekt »EDISON« des Bundeswirtschaftsministeriums erprobt. Hauptakteure sind die Stadtwerke Karlsruhe, der baden-württembergische Energieversorger EnBW und der Unternehmensbereich »Power Transmission and Distribution« (PTD) der Siemens AG in Erlangen. Im Projekt »DIS PO-

Lastdeckung mit hohem Solar- und Windstrom-Anteil



Ausgleichseffekte: Photovoltaik und Windkraft ergänzen sich gut, wie diese Simulation von Volker Quaschnig für eine Stromversorgung ausschließlich aus erneuerbaren Quellen zeigt. Da die beiden fluktuierenden Energieträger im Szenario 68 Prozent der Stromerzeugung ausmachen, kommt es allerdings auch zu relativ großen Deckungslücken und Überschüssen. Abgebildet ist die jeweils extremste Woche im Sommer (oben) und Winter.

DIE DESIGN REVOLUTION



ECONSTRACT®

Das neue PV-Montagesystem

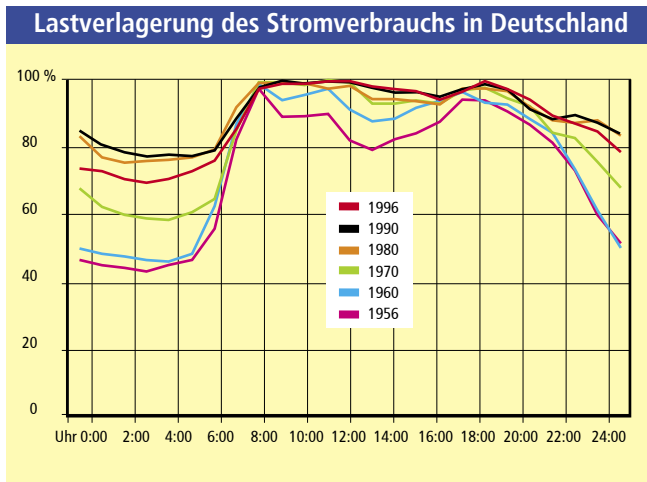
ECONSTRUCT - endlich ein Montagesystem, das nicht nur Qualität und leichte Montage bietet, sondern durch brillante Optik besticht. Ästhetisches Design aus Edelstahl und Aluminium.

Wir informieren Sie gerne ausführlich!

ECOSOLAR SOLARSTROMANLAGEN
40878 Ratingen · Dechenstraße 17
Tel. 02102/4004-0
Fax 02102/4004-14
www.ecosolar.de

WER« arbeiten 37 Partner aus der Europäischen Union unter der Leitung des Instituts für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) in Kassel an ähnlichen Lösungen.

»Die Energieversorgung wird einen Wandel durchlaufen von einer in Mitteleuropa bisher mehr erzeugungsdominierten, durch Sicherheits- und Reserven denken geprägten Versorgungsstruktur hin zur verbrauchsorientierten, ökonomisch und ökologisch optimierten Energieversorgung«, prophezeiten Rainer Bitsch von der Siemens AG, Thomas Erge vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme und Peter Zacharias vom Leistungshalbleiter-Hersteller Eupec 2001 in einem Beitrag zur



Nachfragesteuerung: Durch spezielle Stromtarife vor allem für Nachtspeicherheizungen haben es die deutschen Energieversorger geschafft, das nächtliche Tal beim Stromverbrauch – im Bild jeweils der 3. Mittwoch im Dezember – immer mehr aufzufüllen, um ihre teuren Kohle- und Kernkraftwerke besser auszulasten.

Jahrestagung des Forschungsverbundes Sonnenenergie. Schon heute seien fluktuierende Einspeisungen mit einem Anteil von 40 Prozent technisch ohne Speicher möglich.

Weitere Schritte bieten sich auf der Verbraucherseite an: Mikroprozessoren könnten künftig die aktuellen und kurzfristig prognostizierten Stromtarife erfassen, die die Menge des gerade produzierten Stroms widerspiegeln. Geräte wie zum Beispiel Kühl- und Gefrierschränke mit Kältespeicher, Geschirrspüler oder Wärmepumpen würden sich möglichst erst dann einschalten, wenn viel Strom aus Photovoltaik- und Windkraftanlagen zur Verfügung steht.

Wie eine Stromversorgung in Deutschland aussehen kann, die komplett auf erneuerbare Energiequellen setzt, hat Volker Quaschnig in seiner im Jahr 2000 an der Technischen Universität Berlin vorgelegten Habilitationsschrift durchgerechnet. Der Nettostromverbrauch (Bruttoverbrauch ohne Netzverluste und den Eigenverbrauch von Kraftwerken und Pumpspeicheranlagen) sinkt darin durch Energiesparmaßnahmen von 500 Terawattstunden (TWh) im Jahr 2000 bis auf 404 TWh im Jahr 2020. Diesen Wert schreibt Quaschnig mangels verlässlicher Aussagen über die weitere Entwicklung bis ins Jahr 2050 fort. 83 Prozent der Nettostromerzeugung kommen dann direkt aus den einheimischen Quellen Photovoltaik, Wind, Wasserkraft und Biomasse (siehe Tabelle Seite 58). Der Rest muss über gespeicherte Energie aus Überschussphasen oder durch den Import von regenerativem Strom aus dem Ausland gedeckt werden.

Der hohe Anteil der fluktuierenden Quellen Photovoltaik und Windkraft in Quaschnigs Szenario (35 beziehungsweise 33 Prozent der Nettostromerzeugung) führt auf Grund der verhältnismäßig geringen Volllaststunden zu der enormen Menge von 280 Gigawatt (GW) installierter Leistung; zusammen mit Wasserkraft und Biomasse sind es 306 GW. Danach bleiben noch

»Killerargumente« widerlegen

SunStick ist das flexible Aufdach-System für Schrägdächer. Modulfelder lassen sich individuell planen und passen sich in Form und Größe an jedes Dach an. Mit SunStick lassen sich Solar-Anlagen schnell und einfach realisieren, da dieses standardisierte System bei unseren Großhandelspartnern sofort abrufbar ist. Und wenn Sie uns nach der Qualität fragen, antworten wir: 10 Jahre Garantie.

- Maximale Sicherheit
- Vorkonfektionierte Komponenten
- Einfaches Stecksystem
- Platzsparende Lagerung

DIE WELT STECKT VOLLER ENERGIE.

So sieht ein Universaltalent aus:
Kleine Teile, grosse Möglichkeiten, einfache Montage.

Aufdach

Indach

Flachdach

Boden

Zu beziehen über Ihren Fachgroßhandel

Info@conergy-systems.de

www.conergy.de

Deckungslücken übrig, die weitere 35 GW Kapazität erfordern. Von den insgesamt 341 GW sind zwar nur maximal 177 GW zeitgleich im Einsatz, aber das ist immer noch mehr als das Doppelte der auftretenden Jahreshöchstlast von 78 GW beim Stromverbrauch. Die logische Konsequenz sind hohe Überschüsse in sonnen- und windreichen Zeiten, die entweder exportiert oder gespeichert werden müssen, wenn sie nicht verloren gehen sollen. Im Vergleich dazu wies der deutsche Kraftwerkspark 1999 bei einer Jahreshöchstlast von 77 GW eine Nettoleistung von 122 GW auf, von der maximal 81 GW zeitgleich in Betrieb waren.

Technisch wäre Quaschnings Szenario realisierbar, finanziell käme es ziemlich teuer: Um bei der Photovoltaik wie vorgesehen 203 Gigawatt installierte Leistung im Jahr 2050 zu erreichen, müsste die Produktionskapazität jährlich um 30 Prozent wachsen. Quaschning kalkuliert eher vorsichtig mit einer Senkung der spezifischen Investitionskosten auf 1.500 Euro pro Kilowatt bis 2050. Im Zieljahr wäre dies bei einer Jahresinstallation von neun Gigawatt ein Betrag von 13,5 Milliarden Euro. Die Stromerzeugungskosten lägen nach Quaschnings Berechnung dann bei etwa 14 Cent pro Kilowattstunde (kWh). Auf Grund ihres großen Anteils von 35 Prozent an der Stromproduktion drückt die Photovoltaik den Schnitt für den gesamten regenerativen Kraftwerkspark nach oben – auf etwa zehn Cent/kWh im Jahr 2050 (ohne Speicherkosten).

Breiter Mix

In der Studie »Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland«, die das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Jahr 2002 zusammen mit dem Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie im Auftrag

des Umweltbundesamtes erstellt hat, gehen die Autoren einen Mittelweg: Der Mix der regenerativen Energien ist breiter, und ihr Anteil an der Stromerzeugung beträgt im Jahr 2050 nicht 100, sondern »nur« 57 Prozent (mit Wasserstoffspeichern 63 Prozent). Die Photovoltaik macht lediglich fünf Prozent aus. Zu den heimischen erneuerbaren Quellen kommt noch Strom aus Erdwärme (Geothermie), Importstrom von solarthermischen Kraftwerken in Südeuropa und Nordafrika sowie von weiteren Quellen wie Wasserkraft in Skandinavien und Geothermie in Island hinzu. Die restlichen 43 Prozent liefern hauptsächlich Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), die in erster Linie mit Erdgas befeuert werden. Dennoch erreicht dieses Szenario das Klimaschutzziel, die Treibhausgas-Emissionen gegenüber 1990 um 80 Prozent zu verringern, weil der Stromverbrauch durch eine ehrgeizige Effizienzstrategie auf 386 Terawattstunden im Jahr gedrückt wird (siehe Tabelle unten).

Im Gegensatz zu Kohle- und Kernkraftwerken eignen sich Erdgas-Kraftwerke besonders gut zur Ergänzung erneuerbarer Quellen: Zum einen lassen sie sich sehr schnell hochfahren, um Deckungslücken im regenerativen Angebot zu schließen. Zum anderen passt ihre Kostenstruktur sehr gut zu diesem Einsatzzweck. Weil mit steigendem Anteil fluktuierender Energiequellen im Kraftwerkspark mehr installierte Reserveleistung nötig ist, gleichzeitig aber die Auslastung sinkt, braucht man dazu

Quelle	VDEW/DLR		Quaschning		DLR/WI		Czisch	
	Deutschland 2001		Deutschland 2050		Deutschland 2050		Eurasien/Nordafrika	
	Leistung	Faktor	Leistung	Faktor	Leistung	Faktor	Leistung	Faktor
Jahreshöchstlast	78 GW	100 %	78 GW	100 %	62 GW	100 %	615 GW	100 %
Max. zeitgl. Nettoleistung	83 GW	106 %	177 GW	227 %	71 GW	115 %	771 GW	125 %
Installierte Nettoleistung	125 GW	160 %	341 GW	437 %	145 GW*	234 %	1.459 GW	237 %

*) ohne Pumpspeicher

Quelle	Quaschning				DLR/Wuppertal-Institut				Czisch			
	Energiesparszenario, Deutschland 2050				Nachhaltigkeitsszenario, Deutschland 2050				Grund Szenario, Eurasien/Nordafrika			
Energieträger	Leistung	Energie	Auslastung	Anteil	Leistung	Energie	Auslastung	Anteil	Leistung	Energie	Auslastung	Anteil
Photovoltaik	203 GW	175 TWh/a	862 h/a	35,0 %	23 GW	20 TWh/a	883 h/a	5,1 %	0	0	0	0
Windkraft	77 GW	164 TWh/a	2.127 h/a	32,8 %	34 GW	74 TWh/a	2.168 h/a	18,7 %	1.037 GW	2.842 TWh/a	2.731 h/a	65,8 %
Wasserkraft	7 GW	25 TWh/a	3.571 h/a	5,0 %	5 GW	22 TWh/a	4.745 h/a	5,6 %	201 GW	636 TWh/a	2.821 h/a	14,9 %
Biomasse	19 GW	50 TWh/a	2.667 h/a	10,0 %	7 GW	34 TWh/a	4.926 h/a	8,6 %	162 GW	777 TWh/a	4.796 h/a	18,0 %
Geothermie	0	0	0	0	3 GW	16 TWh/a	6.320 h/a	4,05 %	0	0	0	0
Solarthermie	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	10 GW	43 TWh/a	4.250 h/a	10,9 %	31 GW	65 TWh/a	2.097 h/a	1,5 %
Sonstiger Import/Speicher	35 GW	86 TWh	2.559 h/a	17,2 %	3 GW*)	16 TWh/a*)	5.433 h/a*)	4,05 %	28 GW**)	**)	**)	**)
Regenerativ gesamt	341 GW	500 TWh/a	1.466 h/a	100 %	84 GW	225 TWh/a	2.671 h/a	57,0 %	1.459 GW	4.320 TWh/a	2.961 h/a	100 %
davon Import (regenerativ)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	13 GW	59 TWh/a	4.523 h/a	14,9 %	753 GW***)	1.634 TWh/a***)	2.170 h/a	37,8 %
Fossil	0	0	0	0	61 GW	170 TWh/a	2.787 h/a	43,0 %	0	0	0	0
Installierte Nettoleistung; Nettoerzeugung	341 GW	500 TWh/a	1.466 h/a	100 %	145 GW*)	395 TWh/a	2.715 h/a	100 %	1.459 GW	4.320 TWh/a	2.961 h/a	100 %
Netz-/Pumpspeicherverluste		16 TWh/a		3,2 %		k.A.		k.A.		184 TWh/a		4,2 %
Max. Überschussleistung; Jahresüberschuss	114 GW	80 TWh/a		16,0 %	26 GW	9 TWh		2,3 %	260 GW	154 TWh/a		3,6 %
Höchstlast; Jahresverbrauch	78 GW	404 TWh/a		80,8 %	62 GW	386 TWh/a		97,7 %	615 GW	3.982 TWh/a		92,2 %

*) ohne Pumpspeicher **) Pumpspeicher; Erzeugung wird nicht bilanziert
 ***) Leistung und Menge des Stromtransports; entspricht etwa der durchschnittlichen Importquote in den Ländern des Versorgungsgebiets

Unterschiedliche Strategien: Da Volker Quaschning in seinem Szenario die fluktuierenden Energieträger Photovoltaik und Windkraft sehr stark ausbaut, wird wegen der geringen Zahl an Volllaststunden die installierte Leistung im Kraftwerkspark sehr hoch. Das DLR vermeidet dies, indem es wenig fluktuierende Quellen wie Geo- und Solarthermie hinzu nimmt und sich auf einen Sockel aus fossilen Quellen stützt. Ganz auf großräumige Ausgleichseffekte in einem riesigen Stromverbund setzt Gregor Czisch vom Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET).

Kraftwerke mit möglichst niedrigen Investitionskosten. Höhere Brennstoffkosten hingegen werden durch die geringere Zahl der Betriebsstunden kompensiert. Beides trifft auf Erdgas-Kraftwerke zu. Bei Braunkohle- und Kernkraftwerken ist es genau umgekehrt: Hohen Investitionskosten stehen sehr niedrige Brennstoffkosten gegenüber. Aus betriebswirtschaftlichen Gründen ist deshalb klar, warum sich die Elektrizitätswirtschaft so sehr gegen einen massiven Ausbau erneuerbarer Energien wehrt.

Im Szenario des DLR bleibt der Bedarf an Reserveleistung verhältnismäßig gering, weil die fluktuierenden Quellen Photovoltaik und Windkraft nur knapp 24 Prozent der jährlichen

Strommenge erzeugen. Einen wertvollen Beitrag leisten solar- und geothermische Kraftwerke, weil diese zwischen 5.000 und 7.000 Volllaststunden aufweisen. Dadurch bleibt die installierte Nettoleistung im Szenario auf insgesamt 145 Gigawatt beschränkt. Nach den Berechnungen des DLR betragen die mittleren Stromerzeugungskosten für den regenerativen Mix im Jahr 2050 etwa sechs Cent/kWh. Ohne die Photovoltaik wäre es ein halber Cent weniger.

Großräumiges Verbundnetz

Eine hohe Zahl von Volllaststunden – teilweise über 4.500 – könnten auch Windkraftanlagen in Nordwestafrika und Kasachstan erreichen. Von besonderem Vorteil ist, dass der Passatwind in Südmarokko und Mauretanien im Gegensatz zu den windgünstigen Gebieten in Europa sein Maximum im Sommer hat. Würden Windkraftanlagen aus den verschiedenen Regionen in einen weiträumigen Stromverbund einspeisen, ließen sich so nicht nur große Potenziale erschließen, sondern auch gute Ausgleichseffekte erzielen. Auf dieses Konzept setzt Gregor Czisch, der im Rahmen seiner Doktorarbeit am ISET in Kassel Szenarien entwickelt, wie in einem gemeinsamen Versorgungsgebiet für ganz Europa, Nordafrika, die arabische Halbinsel und große Teile Vorderasiens der Strombedarf aus erneuerbaren Energien gedeckt werden könnte. In diesem Gebiet leben 1,1 Milliarden Menschen, die jährlich etwa 4.000 Terawattstunden Strom verbrauchen.

Voraussetzung dafür wären – ebenso wie für den Stromimport im DLR-Szenario – leistungsfähige Leitungen zur Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ). Sie sind kostengünstiger, brauchen kleinere Trassen und haben weniger Transportverluste als die herkömmliche Drehstrom-Höchstspannungs-Übertragung (DHÜ). In Europa gibt es unter anderem eine 250

Stromerzeugungspotenzial erneuerbarer Energien				
Energieträger	Technisches Potenzial		Nutzung im Jahr 2001	
	Leistung	Energie	Leistung	Energie
Photovoltaik	150 - 270 GW	135 - 235 TWh/a	0,18 GW	0,11 TWh/a
Wind Festland	50 GW	83 - 127 TWh/a	8,75 GW	10,5 TWh/a
Wind Offshore	70 GW	47 - 237 TWh/a	0	0
Wasserkraft*)	4,7 - 6,6 GW	25 - 35 TWh/a	4,52 GW	23,8 TWh/a
Biomasse**)	10 GW	39 - 57 TWh/a	0,85 GW	3,8 TWh/a
Geothermie	7 - 25 GW	50 - 125 TWh/a	0	0
Summe	292 - 432 GW	379 - 816 TWh/a	14,3 GW	38,2 TWh/a
Kraftwerkspark*)	–	–	121 GW	540 TWh/a***)

*) Pumpspeicher ohne natürlichen Zufluss ausgenommen

***) ohne biogenen Anteil im Müll

Quellen: Voller Quaschnig, DLR, WIND16, DEWIND, ZSW, VDEW

Großes Reservoir: Selbst wenn der heutige Stromverbrauch nicht reduziert würde, könnten die erneuerbaren Energien in Deutschland mindestens 70 Prozent der Nettostromerzeugung abdecken. Zusammen mit dem Import von Strom aus sehr stetigen regenerativen Quellen ist eine Versorgung zu 100 Prozent machbar.

»Killerargumente« widerlegen



„Wenn ich mir was zulege, nehme ich's ganz genau!“
Eberhard Köpf, Rentner



Komplettsysteme

Deshalb proNet Premium: Reife Leistung für höchste Erträge.

Wenn Ihre Photovoltaik-Anlage mehr leisten soll als alle anderen, empfehlen wir das Komplettsystem proNet Premium mit BP Saturntechnik. Die von BP Solar entwickelte Hochleistungs-Solarzelle ist in der Lage, auch schwache Sonneneinstrahlung, z.B. diffuses Licht an bewölkten Tagen, gut auszunutzen – mit einer sensationellen Energieausbeute von bis zu 17%!

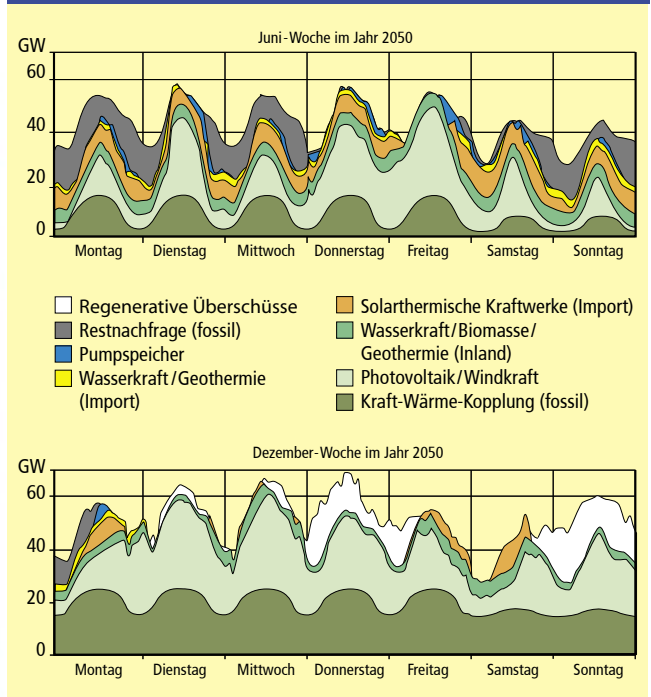
Neugierig, wieviel Ertrag proNet Premium mit BP Saturntechnik speziell auf Ihrem Dach bringt? Dann fordern Sie unseren Energieanzeiger an: unter www.pro-solar.com oder direkt bei uns.



Kilometer lange HGÜ-Verbindung zwischen Schweden und Deutschland, weltweit wurden schon über 50 solcher Leitungen über Entfernungen bis zu 2.000 Kilometer realisiert.

Czisch benutzt in seinen Szenarien Daten über das Stromerzeugungspotenzial erneuerbarer Energieträger an den verschiedenen Standorten; die mögliche Stromproduktion im Verlauf eines Jahres ermittelt er anhand von Wetter-Zeitreihen. Wie der Strombedarf durch den Bau und Betrieb entsprechender Anlagen und HGÜ-Leitungen gedeckt wird, entscheidet eine mathematische Optimierung nach der Vorgabe, die Stromkosten zu minimieren. Im Grundszenario, das mit heutigen Preisen für alle Komponenten operiert, liegen die Stromerzeugungskosten für eine Versorgung ausschließlich aus erneuerbaren Energien

Lastdeckung aus erneuerbaren und fossilen Quellen



Mittelweg: Im Szenario des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) erzeugt ein breiter Mix aus einheimischen und ausländischen erneuerbaren Quellen 57 Prozent des Stroms. Den Rest übernehmen vor allem mit Erdgas betriebene Anlagen in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), die im Winter (unten) einen größeren Anteil haben.

bereits unter 4,7 Cent pro Kilowattstunde. Mit zukünftigen Kostenreduktionen bei den Anlagen ergäbe sich ein noch niedrigerer Wert.


Die Windkraft deckt im Grundszenario mit 72 Prozent den Löwenanteil ab (siehe Tabelle Seite 58). Die Photovoltaik wird hingegen überhaupt nicht eingesetzt. Erst wenn die Kosten für Solarstrom auf ein Achtel gegenüber heute sanken, würde sie vier Prozent der Stromerzeugung übernehmen, bei einem Sechstel der heutigen Kosten 22 Prozent. In beiden Fällen wählt die Optimierung dafür allerdings nur die südlichsten Regionen des Versorgungsgebiets aus. Obwohl bereits das Grundszenario den Strombedarf zu 100 Prozent mit erneuerbaren Energien deckt, fallen nur sehr wenig Überschüsse an. Möglich wird das durch die großräumigen Ausgleichseffekte. Deshalb kommt Czisch auch mit den bestehenden Speicherwasserkraftwerken als Puffer aus.

Dagegen glauben die Experten am DLR, dass eine chemische Speicherung von Überschüssen durch Wasserstoff unvermeidlich wird, wenn der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung 75 Prozent übersteigt. Denn sie haben Zweifel, dass das Modell von Czisch, in einem riesigen Netz Strommengen in großem Stil zu verschieben, auch tatsächlich funktioniert. Franz Trieb aus der Szenario-Mannschaft des DLR will lieber mit einem breiteren Mix an erneuerbaren Energieträgern Ausgleichseffekte schon auf kleinerer Ebene schaffen.

Zu diesem Mosaik gehört für ihn auch Solarstrom: »Die Photovoltaik passt gut in Lücken, die andere haben«, findet Trieb. Dadurch wird das ganze System auch weniger anfällig als ein Netz, das sehr stark auf den großräumigen Stromtransport über lange Verbundleitungen angewiesen ist. Würde dort ein Kabel gekappt, fielen gleich sehr viel Leistung aus. »Alle Photovoltaikanlagen in Deutschland wird man nicht gleichzeitig ausschalten können«, argumentiert Trieb.

Langfristig die kostengünstigste Lösung

Da ein regenerativer Kraftwerkspark vom Zusammenspiel der verschiedenen erneuerbaren Energieträger geprägt ist, muss die installierte Nettoleistung gegenüber einem konventionellen Kraftwerkspark nicht exorbitant ansteigen. Das zeigen sowohl die DLR-Studie als auch das Grundszenario von Gregor Czisch: Bei beiden beträgt die installierte Nettoleistung etwa das 2,4-fache der Jahreshöchstlast. Im deutschen Kraftwerkspark lag der Faktor 2001 bei 1,6. Der Vergleich des VGB-Vorsitzenden Gerd



Schwabensolar

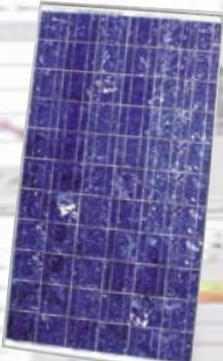
SITOP solar Master / Slave
SITOP solar Trafo

Schwabensolar
Solar- und Umwelttechnik
Hunnenstraße 33
86343 Königsbrunn


Tel. 08231 / 959988
Fax. 08231 / 959989

info@schwabensolar.com
www.schwabensolar.com

AS165 / AS150



*Der etwas andere Großhandel
Zusammenarbeit, nicht Konkurrenz*



- * Unterstützung bei Planung / Auftragerstellung
- * Auftragsweitergabe an objektnahe Elektriker
- * Unterstützung bei Messeaktivitäten
- * Komplettsysteme inklusive 2 Jahre Versicherung
- * Module, Wechselrichter und Systemkomponenten
- * Vertragshändler SITOP solar Wechselrichter

Jäger zwischen der Stromausbeute von Steinkohle und Windkraft ist daher eine Milchmädchenrechnung, weil sie einzelne Energieträger herauspickt.

Natürlich kostet die Kilowattstunde Strom aus neuen, effizienten Kohlekraftwerken heute weniger als aus erneuerbaren Quellen. Das DLR rechnet selbst für das Jahr 2050 nicht mit viel mehr als vier Cent/kWh. Berücksichtigt man aber die externen Kosten der Stromproduktion, dann gerät die Kohle gegenüber den sechs Cent/kWh Erzeugungskosten für den regenerativen Mix im DLR-Szenario ins Hintertreffen. Franz Trieb ist deshalb überzeugt: »Sie dürfen heute kaum noch Kohlekraftwerke bauen, wenn Sie das Klimaschutzziel erreichen wollen. In 50 Jahren werden die erneuerbaren Energien die billigste Option sein.«

Johannes Bernreuter

– Ende der Serie –

Zum Weiterlesen

Enquete-Kommission »Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung«: Abschlussbericht, Abschnitte 4.3.5 bis 4.3.7. Als PDF-Dateien unter: www.bundestag.de/gremien/ener/schlussbericht/index.htm

Forschungsverbund Sonnenenergie (Hg.): Integration erneuerbarer Energien in Versorgungsstrukturen (Themen 2001). Als PDF-Datei unter: www.fv-sonnenenergie.de/publikationen/th01/pub_th01.html

Joachim Nitsch/Manfred Fischeck: Eine vollständig regenerative Energieversorgung mit Wasserstoff - Illusion oder realistische Perspektive? Vortrag auf dem Deutschen Wasserstoff-Energietag 2002. Als PDF-Datei unter: www2.dlr.de/TT/system/publications/Wasserstoff-Essen.pdf

Philippe Welter: Das Stromnetz wird zum Marktplatz. Ein Feldversuch mit einem lastabhängigen Stromtarif zeigt, wie die Zukunft der Energieversorgung aussehen kann, in: PHOTON 3-1998, S. 38-41

Jan Gerrit Tönnies: Die Vereinbarkeit des Modells eines zweiseitig offenen Strommarktes mit den Normen von EnWG und GWB, Cuvillier Verlag, 1994

Volker Quaschnig: Systemtechnik einer klimaverträglichen Elektrizitätsversorgung in Deutschland für das 21. Jahrhundert, VDI Verlag, 2000. Als Internet-Version unter: www.volker-quaschnig.de/klima2000/index.html

Umweltbundesamt (Hg.): Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland, Reihe »Climate Change« 01/02 (Langfassung), 2002. Kurzfassung (104 Seiten) als PDF-Dokument unter: www.bmu.de/download/dateien/energienutzung_langfristszenarien.pdf

Gregor Czisch/Franz Trieb: Interkontinentale Stromverbünde - Perspektiven einer Vollversorgung Europas mit Strom aus regenerativen Quellen. Als PDF-Datei unter: www.iset.uni-kassel.de/abt/w3-w/projekte/stromverbuende_a4.pdf (Funktion »Aktualisieren« betätigen)

Killerargumente widerlegen

Folgende Teile der Serie »Killerargumente widerlegen« sind in PHOTON erschienen:

1. »Photovoltaik bleibt in Deutschland unbedeutend« (9-2002)
2. »Photovoltaik ist zu teuer« (10-2002)
3. »Photovoltaik ist nicht reif für die Markteinführung« (11-2002)
4. »Photovoltaik verbraucht mehr Energie, als sie selbst erzeugt« (12-2002)
5. »Photovoltaik belastet die Umwelt« (1-2003)
6. »Photovoltaik gefährdet die Gesundheit« (2-2003)
7. »Photovoltaik kann kein Kraftwerk ersetzen« (3-2003)

SOLARWATT Glas-Folie-Solarmodul



Planer: Löser-Solar-Systeme GmbH, Baalsdorf
Installateur: Fa. Arnd Wagner, Grunau

Daten und Fakten:

- Ertrag pro kW_p: 856,76 kWh
- Anlagentyp: Dachintegration
- Modultyp: SOLARWATT EP 100-72 GEG LK (110 W_p)
- Dachneigung: 40°
- Ausrichtung: Südost
- Standort: Grunau (Sachsen)

SOLARWATT Solar-Systeme GmbH
Grenzstraße 28
01109 Dresden, Germany
Tel. +49 (0) 3 51 / 88 95-0
Fax +49 (0) 3 51 / 88 95-111

info@solarwatt.de
www.solarwatt.de

Zertifiziert nach:
DIN EN ISO 9001 und 14001