Die zukünftige Stromversorgung der Schweiz

Autor(en): **Allgäuer, Fritz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **97 (2006)**

Heft 8

PDF erstellt am: **02.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-857671

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die zukünftige Stromversorgung der Schweiz

Seit 1990 ist der Stromverbrauch in der Schweiz durchschnittlich um 1,5 Prozent pro Jahr angestiegen. Eine moderate Zunahme des Stromverbrauchs kann allenfalls noch durch eine Steigerung der dezentralen Stromerzeugung ausgeglichen werden. Wenn dann ab 2020 die älteren Kernkraftwerke Beznau und Mühleberg vom Netz gehen, entsteht eine Stromversorgungslücke, die vor allem im Winterhalbjahr anfällt.

■ Fritz Allgäuer

Wärmeversorgung

Strombedarf und Stromversorgung werden vermehrt von neuen Entwicklungen im Wärmemarkt beeinflusst. Einerseits werden Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen in der Industrie und in Gebäuden (Blockheizkraftwerke) höhere Beiträge zur Stromversorgung leisten. Andererseits werden Wärmepumpen den Stromverbrauch weiter ansteigen lassen. Zu diesen Fragen liegen ausführliche Untersuchungen des Paul Scherrer Instituts (PSI) vor, die eine Abschätzung der Entwicklung bis ins Jahr 2030 erlauben [1].

Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen

Die Wirtschaftlichkeit einer WKK-Anlage hängt wesentlich von den Erlösen für die Stromlieferung ins Netz ab. Laut Energiegesetz und Energieverordnung müssen die Elektrizitätswerke seit 1999 Strom aus nicht erneuerbaren Quellen zum gleichen Preis wie für den Energiebezug aus dem überregionalen Netz übernehmen. Im schweizerischen Durchschnitt wird mit Endpreis-Kostenanteilen von 43% für die Produktion, 12% für die Energieübertragung und 45% für die Stromverteilung gerechnet. Bei einem durchschnittlichen Endpreis von 16 Rp./kWh ergibt dies eine Einspeisevergütung von etwa 9 Rp./kWh.

Die Stromerzeugungskosten der WKK-Anlagen nehmen mit steigender Anlagengrösse ab. Nach den PSI-Studien resultiert bei 9 Rp./kWh ein gesamtschweizerisches Stromerzeugungspotenzial von etwa 9 TWh pro Jahr. Dieses umfasst aber auch grosse Mehrfamilienhäuser, für die die Stromerzeugung zum Selbstkostenpreis nicht interessant ist. Günstigere Verhältnisse liegen vor allem in der Industrie und im Dienstleistungssektor vor. Im Durchschnitt erzeugt ein Blockheizkraftwerk mindestens halb so viel Strom wie Wärme. Ein Gewinn von 2 Rp./kWh durch Stromerlöse bedeutet also eine Reduktion der Heizkosten um mehr als 1 Rp./kWh. Der Gewinn wird noch grösser, wenn man die Deckung des Eigenstrombedarfs berücksichtigt. Dies müsste eigentlich dazu führen, dass bis 2030 wenigstens ein Potenzial von 6 TWh, das für Anlagen mit Stromerzeugungskosten bis 7 Rp./kWh ermittelt wurde, realisiert wird.

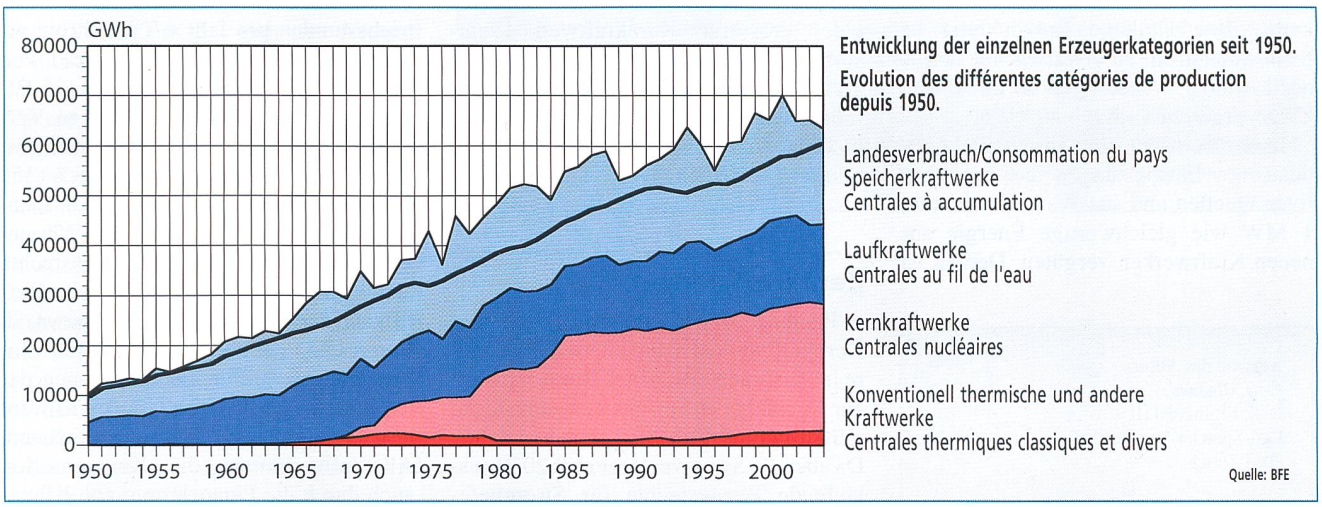
Im Vergleich zu einer reinen Kesselheizung erhöht die WKK den Gas- oder Ölverbrauch und damit auch die Emissionen um etwa 80%. Umgekehrt können Wärmepumpen Gas- und Ölheizungen ersetzen. Ein Ausgleich wäre gegeben, wenn etwa ein Drittel der Stromerzeugung aus WKK-Anlagen zur Speisung von Wärmepumpen eingesetzt würde.

Wärmepumpen

Eine Wärmepumpe kostet mehr als eine Gasheizung und mindestens gleich viel wie eine Ölheizung. Die höheren Investitionen müssen deshalb über die Energiekosten amortisiert werden. In der Schweiz ist der Strompreis etwa dreimal höher als der Gaspreis. Jahresarbeitszahlen über 3 sind vor allem bei Wohnhäusern mit niedrigen Vorlauftemperaturen und guten Wärmequellen erreichbar. Weil Wärmepumpen nur wenig Unterhalt benötigen, wird inzwischen ein Drittel aller neuen Einfamilienhäuser damit ausgerüstet. Bis 2030 wird ein elektrischer Energiebedarf für Wärmepumpen von 2 bis 3 TWh erwartet, der damit ungefähr einem Drittel der wirtschaftlich realisierbaren Stromproduktion aus WKK-Anlagen entspricht.

Treibhausgas-Emissionen

Die Schweiz hat sich mit dem Abkommen von Kyoto verpflichtet, die Treibhausgas-Emissionen bis ins Jahr 2012 gegenüber 1990 um 8% zu reduzieren. Beim Standardszenario für die Wärmeversorgung wird angenommen, dass der Endverbrauch an Energieträgern bis



Entwicklung der einzelnen Erzeugerkategorien seit 1950.
Evolution des différentes catégories de production depuis 1950.

	Winter (TWh)	Sommer (TWh)	Jahr (TWh)
Mittlere Stromerzeugung der Wasserkraftwerke	15,0	19,0	34,0
Produktionskapazität der Kernkraftwerke	14,1	11,3	25,4
Fossile und regenerative Stromerzeugung 2004	1,6	1,4	3,0
Mittleres Produktionsangebot (Basis 2004)	30,6	31,8	62,4
Tatsächliche Stromerzeugung 2004	29,8	31,3	61,1
Landesverbrauch 2004 (54% Winter/46% Sommer)	32,8	27,6	60,4
Import-/Export-Saldo 2004 (+ Ausfuhr/– Einfuhr)	–3,0	3,7	0,7
Landesverbrauch bei ausgeglichener Jahresbilanz	33,7	28,7	62,4
Import-/Export-Saldo bei ausgeglichener Jahresbilanz	–3,1	3,1	0,0
Produktionskapazität KKW Beznau und Mühleberg	4,8	3,8	8,6
Stromversorgungslücke ohne KKW Beznau und Mühleberg	–7,9	–0,7	–8,6

Tabelle I Stromerzeugung und Stromverbrauch in der Schweiz gemäss Elektrizitätsstatistik 2004 (Bulletin SEV/VSE 12/2005).

2030 ungefähr konstant bleibt. Der Wärmebedarf kann dank besserer Nutzungsgrade gegenüber dem Stand von 1990 um 11% ansteigen. Die klimarelevanten Emissionen würden ungefähr auf dem Wert von 1990 verharren oder leicht zunehmen. Um das Kyoto-Protokoll bei sonst gleichen Bedingungen einzuhalten, müsste der Wärmebedarf annähernd gleich bleiben und der Verbrauch fossiler Brennstoffe um etwa 10% abnehmen. Ein Trend zu einem Sparszenario ist bis jetzt aber nicht erkennbar [2].

Regenerative Stromerzeugung

Nach marktwirtschaftlichen Grundsätzen wären alle Stromlieferungen ins Netz so zu vergüten, dass die Energieverteilung für die Elektrizitätswerke kostendeckend bleibt. Bei überhöhten Einspeisevergütungen besteht die Gefahr, dass man über die Strompreise Entwicklungen fördert, die sich später als ökologisch bedenklich erweisen. In Deutschland haben hohe Vergütungen für Windenergie dazu geführt, dass zahlreiche Windparkanlagen entstanden sind. Die Netzbetreiber müssen aber fast in gleichem Umfang Regelenergie bereitstellen, die praktisch nur mit Gasturbinen erzeugt werden kann. Eine ähnliche Entwicklung ist beim Solarstrom zu erwarten, für den je nach Anlage Vergütungen bis zu 90 Rp./kWh vorgesehen sind.

In der Schweiz müssen die Elektrizitätswerke Einspeisungen aus regenerativen Quellen und aus Wasserkraft unter 1 MW wie gleichwertige Energie aus neuen Kraftwerken vergüten. Derzeit ist ein Ansatz von 15 Rp./kWh (mit Ausnahmen) gültig. Damit bleibt die Photovoltaik auf lange Sicht unwirtschaftlich. Gegen die Windkraft spricht ein Mangel an geeigneten Standorten, aber auch der Landschafts- und Naturschutz. Namhafte Beiträge zur Stromversorgung könnten Wasserkraft und Biomasse leisten. Nach den PSI-Studien beträgt das bis 2030 realisierbare Potenzial im regenerativen Bereich vielleicht 4 bis 6 TWh. Aus ökologischen und ökonomischen Gründen dürfte es aber wohl nur teilweise realisiert werden.

Adresse des Autors
Fritz Allgäuer
Dipl. El.-Ing. ETH
Carl-Spitteler-Strasse 65
8053 Zürich

Die Stromversorgungslücke

Nach der Vorschau 95 des VSE wird der Stromverbrauch bis 2030 bei einer mittleren Entwicklung auf etwa 70 TWh ansteigen [3]. Unter den genannten Bedingungen werden dezentrale Anlagen bis 2030 vielleicht 8 bis 10 TWh Strom ins Netz liefern. Bei der Wasserkraft wird eine geringe Zunahme von 1 bis 2 TWh erwartet. Damit würde das inländische Produktionsangebot bis zur Stilllegung der Kernkraftwerke Beznau und Mühleberg der Nachfrage folgen. Ab 2020 öffnet sich dann eine Stromversorgungslükke, die ungefähr der Energieproduktion eines grösseren Kernkraftwerkes entspricht. Weil die Beiträge aus Blockheizkraftwerken vorwiegend im Winter anfallen, wird sich die Stromversorgungslücke etwas mehr vom Winter in den Sommer verschieben.

Kernkraftwerke

Planung, Bewilligung und Bau eines Kernkraftwerkes nehmen etwa zehn Jahre in Anspruch. Ein neues Kernkraftwerk zur Deckung der Stromversorgungslücke müsste demnach ab 2010 geplant werden. Da aber die Stromversorger bis 2030 auslaufende Bezugsrechte für Stromlieferungen aus Frankreich besitzen, wäre die Stromversorgung der Schweiz auch dann noch gesichert, wenn ein neues KKW erst einige Jahre nach 2020 betriebsbereit wäre.

Gaskraftwerke

Grundsätzlich könnte die Stromversorgungslücke auch durch gasgefeuerte Kombikraftwerke gedeckt werden. Auf heutiger Preisbasis ist bei Gaskraftwerken mit Stromerzeugungskosten von 7 Rp./kWh zu rechnen. Weil Strom aus Kohle- und Kernkraftwerken 2 bis 3 Rp. weniger kostet, wäre ein wirtschaftlicher Betrieb nur im Mittellastbereich, bei etwa 4000 Betriebsstunden pro Jahr, möglich. Mit Gaskraftwerken würde man deshalb vor allem die Stromversorgung im Winter sichern und im Sommer billigere Energie importieren. Bei Lieferengpässen bestünde aber doch die Möglichkeit, auch im Sommer Strom zu erzeugen. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht sind Gaskraftwerke also eher eine nützliche Ergänzung bestehender Anlagen, aber kein gleichwertiger Ersatz für Kernkraftwerke.

Gaskraftwerke mit einer Leistung von 1000 MW würden bei 4000 Volllast-Betriebsstunden pro Jahr 4 TWh Strom erzeugen. Bei einem Wirkungsgrad von 58% werden dafür fast 7 TWh (25 PJ) Gas benötigt. Auf den derzeitigen Verbrauch fossiler Brennstoffe bezogen entspricht dies einer Zunahme von 8% (355 statt 330 PJ). Selbst bei einem Sparszenario, das die Emissionsziele im Wärmesektor erfüllt, müssten Emissionsrechte zugekauft werden. In der EU werden Zertifikate derzeit zu Preisen von etwa 20 Euro/t CO_2, die aber noch stark schwanken, gehandelt. Für die Emissionen der Gaskraftwerke (0,35 kg CO_2/kWh) wäre also ungefähr 1 Rp./kWh einzurechnen. Alternativ könnte die Kompensation auch durch die Finanzierung von Klima-

schutzprojekten im Ausland erfolgen. Ob dies zu niedrigeren Kosten führt, ist ungewiss.

Optimale Stromversorgung

Das technisch-wirtschaftliche Optimum bei der Stromversorgung wäre erreicht, wenn die Sommer-Winter-Differenz in der Jahresbilanz durch WKK-Anlagen und Gaskraftwerke gerade ausgeglichen würde. Je nach Entwicklung im Wärmesektor müssten dafür 2 bis 4 TWh in Gaskraftwerken erzeugt werden. Die Grundlast müsste wie bisher durch Wasser- und Kernkraftwerke gedeckt werden. Das Kyoto-Protokoll wäre nur bei einer unerwartet günstigen Gesamtentwicklung der Emissionen einzuhalten.

Strompreise

Die Wirtschaftlichkeit von Gaskraftwerken und WKK-Anlagen ist durch Ölpreiserhöhungen nicht gefährdet. Zwar folgen die Gaspreise auch dann den Ölpreisen, wenn keine vertragliche Kopplung besteht. Tiefere Gaspreise würden nämlich die Nachfrage so lange erhöhen, bis die Preise (pro Energieeinheit) wieder dem Ölpreis entsprechen. Ein ähnlicher Mechanismus sorgt dafür, dass auch die Strompreise dem Gaspreis, allerdings auf einem höheren Niveau, folgen.

Im Durchschnitt sind die Strompreise im Haushaltbereich seit Jahrzehnten zwei- bis dreimal so hoch wie die Gaspreise. Dieser Preisabstand verhindert, dass elektrisches Heizen zu billig wird. Zweistufige Tarife sorgen aber dafür, dass ein Überangebot an elektrischer Energie in der Nacht für Wärmeanwendungen genutzt wird.

Grossverbraucher in der Schweiz zahlen für Strom dreieinhalbmal so viel wie für Erdgas. Für Industrieverbraucher in den EU-Ländern hat sich der Abstand vom Strom- zum Gaspreis mit der Liberalisierung der Energiemärkte auf den Faktor drei verringert. Dies ist in Frankreich, wo die elektrische Energie zu 80% aus Kernkraftwerken stammt, nicht anders als in Deutschland, das die Hälfte des Strombedarfs mit Kohlekraftwerken deckt. Die Marktpreise der Energieträger bilden also ungefähr den mittleren Umwandlungs-Wirkungsgrad ab, mit dem die Verbraucher Strom aus Gas oder Öl erzeugen könnten. Versorgungskrisen bringen dieses Preisgefüge natürlich durcheinander. Im langjährigen Durchschnitt wird sich daran aber nicht viel ändern [4].

Ausstieg aus der Kernenergie

Nach der derzeitigen Lage kann ein neues KKW nur auf dem Weg über eine Volksabstimmung gebaut werden. Im Falle einer Ablehnung müsste der Ausstieg aus der Kernenergie vorbereitet werden. Experten rechnen bei den neueren Kernkraftwerken Gösgen und Leibstadt mit einer Lebensdauer von etwa 60 Jahren. Ein Ersatz für Gösgen müsste dann erst um 2040, für Leibstadt etwa fünf Jahre später bereitstehen. Ein so langer Betrachtungszeitraum macht Prognosen sehr unsicher. Durch Fortschreibung der Standardentwicklung nach dem heutigen Stand der Technik lässt sich aber ein einfaches Ausstiegsszenario angeben. Dabei wird angenommen, das sich der Landesverbrauch bis 2030 bei 70 TWh stabilisiert. Der Bau von Kohlekraftwerken wird ausgeschlossen.

Wasserkraftwerke würden rund 35 TWh, dezentrale Anlagen etwa 11 TWh Strom erzeugen. Gaskraftwerke könnten im Jahresdurchschnitt 12 TWh Strom liefern (2000 MW×6000 h). Weitere 12 TWh könnten durch Beteiligungen an ausländischen Kohle- und Kernkraftwerken gesichert und importiert werden. Der Endverbrauch fossiler Brennstoffe würde um 23%, von heute 330 auf 405 PJ, zunehmen. Mit der Annahme, dass der Strom aus den Gaskraftwerken einschliesslich Emissionsrechten 8 Rp./kWh, also doppelt so viel wie Bandenergie aus Kernkraftwerken kostet, würden die Strompreise um etwa 17% ansteigen.

Energiepolitik

Die Stromversorgung der Schweiz ist bis über das Jahr 2020 hinaus durch Importverträge gesichert. Dieser Rückhalt würde es erlauben, die weitere Entwicklung im Energiesektor zunächst abzuwarten. In etwa zehn Jahren müsste dann über den Bau eines neuen Kernkraftwerkes entschieden werden. Wenn die Bevölkerung dies ablehnt, bleibt immer noch genügend Zeit, um Gaskraftwerke zu bauen.

Der vorzeitige Bau von Gaskraftwerken würde die Frage, ob ein neues KKW gebaut werden soll, nur aufschieben, aber die Aussichten der Schweiz, das Kyoto-Prokoll in absehbarer Zeit einzuhalten, erheblich schmälern. Falls sich wider Erwarten eine günstige Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen einstellen sollte, könnte die Stromversorgung auch später noch durch Gaskraftwerke optimiert werden.

Referenzen:

[1] *U. Gantner, M. Jakob, S. Hirschberg*: Perspektiven der zukünftigen Strom- und Wärmeversorgung für die Schweiz. Paul Scherrer Institut 2001 (www.psi.ch/gabe).

[2] Bundesamt für Energie: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2004. Bulletin SEV/VSE 16/2004.

[3] Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE): Vorschau 1995 auf die Elektrizitätsversorgung der Schweiz bis zum Jahr 2030. Bulletin SEV/VSE 22/1995.

[4] Europäisches Amt für Statistik (Eurostat): Energiepreise 1990–2002. Europäische Gemeinschaften 2003 (www.eds-destatis.de).

Le futur approvisionnement en électricité de la Suisse

Depuis 1990, la consommation d'électricité en Suisse a augmenté en moyenne de 1,5 % par année. Une hausse modérée de la consommation d'électricité peut à la rigueur encore être compensée par une augmentation de la production d'électricité décentralisée. Si, à partir de 2020, les centrales de Beznau et de Mühleberg sont retirées du réseau, il faudra combler un manque au niveau de l'approvisionnement en électricité qui se manifestera essentiellement au cours du semestre d'hiver.