Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 97 (2006)
Heft: 21

Artikel: Die Elektrizität im Spannungsfeld zukünftiger Energiebedürfnisse
Autor: Glavitsch, Hans
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857738

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Elektrizität im Spannungsfeld zukünftiger Energiebedürfnisse

Die Sicherstellung der zukünftigen Energieversorgung verlangt eine Gesamtenergiebetrachtung

Wenn die grossen Schweizer Kraftwerkseinheiten ihre Altersgrenze erreichen werden, wird dies in der Schweiz zu einer vorhersehbaren Stromlücke führen, die nicht ohne Weiteres gedeckt werden kann. Wenn infolge höherer Erdölpreise nur schon ein Anteil von 2 bis 3% der fossilen Brennstoffe durch elektrische Energie ersetzt wird, entsteht ein Zuwachs von 10%, der sich zum langfristigen Trend addiert. Es geht aber nicht nur um die Bereitstellung der künftig benötigten Kraftwerkskapazitäten, sondern auch um den Ausbau der entsprechenden Übertragungskapazitäten, was aufgrund der langen Planungszeiträume und der politischen Meinungsbildungsprozesse nicht kurzfristig realisiert werden kann. Die zu befürchtenden Engpässe dürften vor allem im Winter nachteilig in Erscheinung treten.

Die Versorgung mit elektrischer Energie ist zu einem hoch aktuellen Thema in der Öffentlichkeit geworden und steht vor dem Hintergrund endlicher fossiler Primärenergieträger an einem Wendepunkt. Der Ausbau von Kraftwerkskapazität hat durch die generelle Ablehnung der Kern-

Hans Glavitsch

energie, den zeitweisen Überschuss an Kapazitäten in Mitteleuropa und den Zusammenschluss der Übertragungsnetze eine Verzögerung erfahren, obwohl der Verbrauch schon über längere Zeiträume in den europäischen Ländern einen stetigen Zuwachs von 1,5–2% pro Jahr aufweist.

Die Häufung des Erreichens der Altersgrenze von Kraftwerkseinheiten grösserer Leistung führt nun zu einer vorhersehbaren Stromlücke, die unter Berücksichtigung von Planungszeiträumen und politischen Meinungsbildungsprozessen nicht so ohne Weiteres gedeckt werden kann. Energieversorgungsunternehmen, Regierungsstellen, Interessensgruppen und andere Organisationen haben das Problem durch Analysen, Prognosen und mögliche Lösungen behandelt und sich dabei erstaunlicherweise auf die Deckung der Stromlücke beschränkt, und zwar auf der Basis der historischen Stromverbrauchsentwicklung. Wenn sich jetzt gleichzeitig ein Mehrverbrauch an Erdöl und steigende Erdölpreise ankündigen, so kann berechtigterweise gefragt werden, ob die partikuläre Betrachtung der Stromversorgung nicht eine zu enge Sichtweise darstellt.

Die folgenden Überlegungen sind darauf ausgerichtet, gegenseitige Einflüsse in den Energiebedürfnissen aufzuzeigen, die einen erhöhten Bedarf an Elektrizität, d.h. an elektrischer Energie, verursachen könnten. Dazu soll vorerst die Elektrizität als sekundärer Energieträger und ihre bisherige Rolle in der Gesamtenergiedeckung charakterisiert werden, und auf der Basis der sich abzeichnenden Entwicklung der fossilen Energieträger sollen Rückschlüsse auf den elektrischen Energieträger gezogen worden.

Elektrische Energie weist eine hohe Wertigkeit auf

Elektrizität kann aus der Natur nicht direkt genutzt werden, sondern steht erst nach Umformung aus anderen Primärenergieträgern als Sekundärenergie leitungsgebunden zur Verfügung. Damit ist sie als Endenergie für die Umformung in mechanische Arbeit, in Wärme, in Licht und in chemische Energie unmittelbar nutzbar. Sie weist nach thermodynamischen Massstäben eine hohe Wertigkeit auf, was bedeutet, dass sie in die oben genannten Energieformen mit hohem Wirkungsgrad umgewandelt werden kann. Gleichzeitig ist sie neben Licht die geeignetste Trägerin von Information und somit für die Informationstechnologie von grundlegender Bedeutung, was nicht zuletzt für einen Teil des Elektrizitätsverbrauchs verantwortlich ist und auch weiterhin sein wird. Zudem ermöglicht die Elektrizität die Nutzung von Primärenergieformen wie der Wasserkraft, Braunkohle oder Kernenergie, die für den Verbraucher nicht unmittelbar zugänglich sind. Ein Teil des Energieinhalts der Primärenergien geht dabei an die Umwelt verloren, aber es wird jeweils ein wirtschaftliches Optimum erreicht. Einen Teil des wirtschaftlichen Aufwands zur Nutzung stellen die Übertragungs- und Verteilnetze dar, womit jedoch eine allgemeine Zugänglichkeit geschaffen wird.

In welchem Ausmass die elektrische Energie als Endenergie die Bedürfnisse des Gesamtendenergieverbrauchs der verschiedenen Länder bzw. Wirtschaftszonen abdeckt, hängt vom Zivilisationsgrad, der Verfügbarkeit anderer Energieformen und der elektrischen Energie selbst sowie der Siedlungsstruktur und der industriellen Struktur ab – um die wichtigsten Einflüsse zu nennen. In der Schweiz hatte die elektrische Energie im

Land	*Anteil der Elektrizität am Gesamtendenergieverbrauch [%]* (in Klammern: Jahr)	*Verbrauch pro Kopf [kWh/Jahr]* (in Klammern: Jahr)
Deutschland	18,5 (2001)	6703 (2004)
Norwegen	54,2 (2004)	26588 (2004)
Schweiz	23,2 (2005)	8101 (2004)
USA	11,5 (1999)	11600 (1999)
Weltweit	15,2 (1998)	1805 (1998)

Tabelle Gesamtendenergieverbrauch und die Verbrauchswerte pro Kopf und Jahr einiger ausgewählter Länder

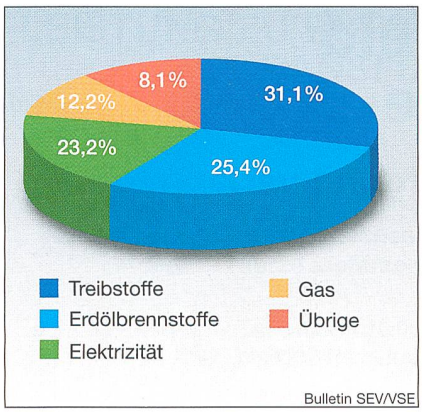


Bild 1 Endenergieverbrauch nach Sektoren Schweiz 2005

Jahr 2005 einen Anteil am Gesamtendenergieverbrauch von 23,2% (Bild 1, [1]). In der Tabelle sind zum Vergleich der Gesamtendenergieverbrauch und die Verbrauchswerte[1)] pro Kopf und Jahr einiger weiterer Länder aufgeführt.

Aus diesen Zahlen sind die strukturellen Eigenschaften der Regionen deutlich ersichtlich. In den USA wird Energie generell wirtschaftlich günstig zur Verfügung gestellt. Daher ergibt sich dort auch ein hoher Anteil an elektrischer Energie. Der Stromverbrauch pro Einwohner weltweit ist ein Durchschnittswert und sagt wenig aus über den Verbrauch von China, Indien oder Südamerika. Der hohe Anteil der Schweiz ist durch den Haushaltsverbrauch, den Dienstleistungssektor und den hohen Automatisierungsgrad der mittleren Industrien bedingt. Deutschland nutzt mehr fossile Brenn- und Treibstoffe für Wärmeanwendungen und Industrie bei ungefähr gleich hohem Gesamtendenergieverbrauch pro Kopf. Norwegen als Beispiel für die skandinavischen Länder fällt aus der Reihe wegen der günstig verfügbaren Wasserkraft, die zu einem grossen Teil für Wärme- und Industrieanwendungen genutzt wird. Der Anteil elektrischer Energie am gesamten Endenergieverbrauch ist weitgehend stabil und ist das Ergebnis der Marktkräfte vor dem Hintergrund der technischen Eigenschaften und Randbedingungen der Energieträger insgesamt.

Der heutige Marktpreis für elektrische Energie gegenüber dem bisherigen Endpreis für Heizöl liegt so, dass die elektrische Direktheizung (Widerstandsheizung) nicht wirtschaftlich erscheint. Im Übrigen zeigt die Umwandlung eines fossilen Primärenergieträgers in Elektrizität und dann in Wärme thermodynamisch ungünstige Eigenschaften, da die über den Carnot'schen Wirkungsgrad gewonnene hochwertige Energie (Exergie) schliesslich nur dazu verwendet wird, den Temperaturverlust beim Wärmedurchtritt durch eine Isolation zu decken. Trotzdem zeigt der skandinavische Energiemarkt, dass es dort wirtschaftlich ist, Elektrizität im grösseren Massstab für die Raumwärme einzusetzen.

Elektrizitätspreis hinkt dem Lebenskostenindex nach

Der in Europa allgemein feststellbare Anstieg des Stromverbrauchs von 1,5–2,0% pro Jahr ist wohl auf den für den Verbraucher vorteilhaften Zugang zu dieser Energieform, die Zunahme informationstechnischer Anwendungen, die Automatisierung in allen Bereichen sowie auf ein Preisniveau zurückzuführen, das dem Lebenskostenindex nachhinkt. Dazu kommt ein Strukturwandel im Wohnbedarf pro Einwohner. Die Liberalisierung des Strommarkts bewirkt weiter, dass Anreize für ein sparsames Umgehen mit der elektrischen Energie nicht bestehen. Für das weitere Verständnis der folgenden Ausführungen wird noch festgehalten, dass der Endpreis für die elektrische Energie ab dem Niederspannungsnetz zu einem Drittel aus dem Gestehungspreis ab Kraftwerk (Durchschnitt) und zu zwei Dritteln aus den Netzkosten besteht. Für Industrieverbraucher sieht es etwas anders aus, und im Weiteren wird das genannte Verhältnis in jüngster Zeit von verschiedenen staatlichen Abgaben verschoben. Was die Gestehungskosten ab Kraftwerk betrifft, so schlagen die Energieaufwendungen (Arbeitskosten) ebenso nur zu einem geringen Teil durch, wie die Grenzkosten bis in die jüngste Vergangenheit gezeigt haben, die sich in den Spotpreisen widergespiegelt haben. Letztere sind jedoch seit Kurzem im Steigen, wobei es sich um Preise handelt, nicht um Kosten. Die Schlussfolgerung geht dahin, dass der Verbraucherpreis für elektrische Energie nicht im hohen Masse vom Preis, genauer von den Kosten der Primärenergie (fossil) abhängt.

Jetzt sind jedoch die Wirtschaft und die Gesellschaft von steigenden Preisen für Erdöl und Erdgas bedroht bzw. betroffen. Die Preise für Erdöl haben zwar immer eine hohe Volatilität gezeigt, aber es deutet alles darauf hin, dass das Niveau hoch bleiben und auf lange Sicht steigen wird, da mehr Erdöl verbraucht als neu entdeckt wird. Kürzlich ist vom glockenförmigen Verlauf der Erdölförderung die Rede gewesen, der sich bei anderen Ressourcen und biologischen Prozessen zeigt und bei dem der Peak – also der höchste Wert – bald erreicht werden wird. Die marktwirtschaftliche Konsequenz ist ein steigender Erdölpreis. Erfahrungsgemäss ist damit auch der Preis für Erdgas gekoppelt.

Die jüngsten Entwicklungen und die Reaktionen der Verbraucher haben jedoch noch auf keine wesentlichen Verhaltensänderungen im Privatverkehr und im Raumwärmebereich schliessen lassen. Wenn man sich aber die Verteilung

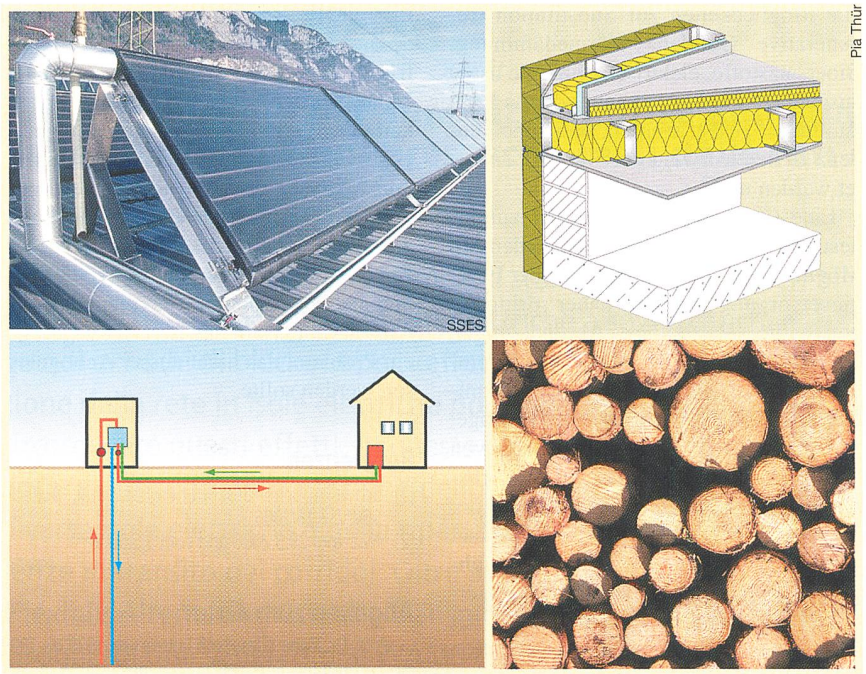


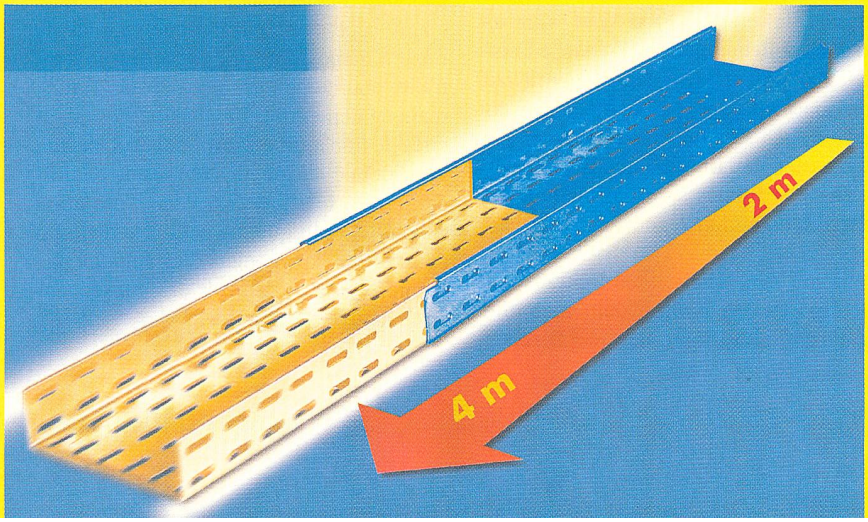
Bild 2 Mögliche Alternativen zur Raumheizung mit Erdöl/Erdgas

der Endenergieträger vergegenwärtigt (Bild 1), so ist zu erwarten, dass sich die höheren Verbraucherpreise für fossile Energieträger auf das Verbraucherverhalten auswirken werden. Erdöl- und erdgasabhängige Endenergieträger machen immerhin 68,7% des Gesamtendenergieverbrauchs aus. Dazu sei vorerst in den Raum gestellt, dass der erhöhte Preis für fossile Energieträger eine Signalwirkung haben wird, die das Sparen fördert, Verbesserungen der Energieeffizienz anregt und Alternativlösungen hervorbringt. Die unmittelbar betroffenen Bereiche sind der Raumwärmebereich und der Individualverkehr. Davon sei vorerst der Raumwärmebereich näher betrachtet, für den es kurzfristig nur beschränkt Alternativen gibt. So eignet sich die Siedlungsstruktur nur zum Teil für eine Fernwärmeversorgung, wobei die Frage nach dem geeigneten Primärenergieträger offen ist. Erdgas ist eine Alternative, aber sie weist nur einen etwas weiter reichenden Horizont als das Erdöl auf. Holz (Schnitzel, Pellets) und andere Biobrennstoffe können nur einen Teil des Wärmebedarfs abdecken (Bild 2). Die Kohle kann für ein dicht besiedeltes Land nur in veredelter Form (vergast oder verflüssigt) oder kontrolliert in Fernheizanlagen infrage kommen. Solaranlagen können keinen Beitrag leisten, da der Winterbedarf gedeckt werden muss. In den gemässigten Zonen ist nur ein speicherbarer Energieträger für die Deckung des Wärmebedarfs brauchbar. Damit bleiben vorerst das Erdöl und das Erdgas, die aber wesentlich energieeffizienter genutzt werden müssen, etwa in Kombikraftwerken mit Abwärmenutzung und Blockheizkraftwerken. Dies wird für dicht besiedelte Regionen die nahe liegende Lösung sein. Für Streusiedlungen mit Einfamilienhäusern bietet sich diese Lösung nicht unmittelbar an. Welche Alternativen stehen dann dem Verbraucher hier zur Verfügung?

Substitution von Erdölbrennstoffen beeinflusst Stromverbrauch

Derjenige Verbraucher, der kurzfristig entscheiden kann, ist der Eigenheimbesitzer. Für die Substitution einer Ölheizung bieten sich die Wärmepumpe und die Heizung mit Holz auf der Basis von Pellets oder Schnitzeln an. Daneben besteht immer die elektrische Direktheizung ab Steckdose, die hier vorerst als Zusatzmassnahme gesehen werden soll. Längerfristig wird es darum gehen, den Wohnraum stärker zu isolieren. Ab einer bestimmten Höhe des Heizölpreises werden diese Alternativen attraktiv oder sind es heute schon. Werden von den 25,4% des Endverbrauchs an Erdölbrennstoffen 2–3% auf diese Weise durch elektrische Energie ersetzt, so bedeutet dies für den elektrischen Endverbrauch einen Zuwachs von 10%, der sich zum langfristigen Trend addiert. Dazu muss beachtet werden, dass dieser Verbrauch im Winter auftritt und noch dazu den Spitzenverbrauch, also die Leistung, erhöht. Das heisst, dass es sich hier auch um ein Leistungsproblem handelt. Auf lange Sicht kann sich dieser Substitutionsprozess noch ausweiten. Das Szenarium ist sicherlich nicht nur auf die Schweiz beschränkt, sondern tritt im Prinzip in allen mitteleuropäischen Ländern auf, womit die gesamte elektrische Energieversorgung betroffen sein wird.

NEU: Messen vergessen!



• T-SCOPIC – der dehnbare Kabelkanal
• Aus 2 Meter werden 4 Meter
• Keine Werkzeuge, keine Nacharbeiten – die Länge passt immer
• Zeiteinsparung 50 %
• Sendzimirverzinkte Stahlkanäle
• Höhen: 24, 48 mm, Breiten: 50 – 300 mm
• Lieferlänge 2 Meter, Montagelänge 2 – 4 Meter

Nutzen Sie die kompetente Beratung aus über 40 Jahren Erfahrung

Ebo Systems AG
Tambourstrasse 8
CH-8833 Samstagern
Tel. 01 787 87 87
Fax 01 787 87 99
info.ch@ebo-systems.com
www.ebo-systems.com

ebo
Ebo Systems

Der zweite Bereich, der die Erdölpreissteigerung unmittelbar zu spüren bekommt, ist der Individualverkehr. Eine unmittelbare Substitution des fossilen Treibstoffs durch elektrische Energie, sei es über den Wasserstoff oder in Form des Elektroautos, ist kurzfristig nicht zu erwarten. Die Lösung liegt hier – neben Erdgas und Biotreibstoffen als Substitute – wohl eher im Hybridantrieb und in sparsameren Motoren, verbunden mit einem geringeren Fahrzeuggewicht. Sollten jedoch die Brennstoffzelle oder ein effizienter Speicher für elektrische Energie sich als wirtschaftliche Komponenten für das Automobil herausstellen, so ist ein weiterer Schub in Richtung erhöhter Stromverbrauch gegeben.

Eine fundierte Prognose einer Substitution fossiler Treib- und Brennstoffe durch elektrische Energie in Form von Analysen historischer Daten ist unmittelbar nicht möglich, da eine Marktsituation mit massiv erhöhten Preisen für Erdölprodukte bisher nicht vorhanden war. Auch die Entwicklung von Systemen für die Nutzung alternativer Energien ist quantitativ nicht vorhersehbar. Die grundsätzlichen Eigenschaften der Systeme und Ressourcen sind bekannt, aber eine zeitliche Entwicklung unter dem Einfluss neuer Bedingungen lässt sich nicht abschätzen. Qualitativ lässt sich auf alle Fälle sagen, dass unter der Signalwirkung des erhöhten Preises für Erdölprodukte alle Möglichkeiten zur Substitution (regenerative Quellen, Wärmedämmung, Bioersatzstoffe, elektrische Energie usw.) ausgenutzt werden müssen, oder es kann zumindest gesagt werden, dass eine Tendenz zu deren erweiterter Nutzung erwartet werden muss.

Eine Gesamtbetrachtung oder zumindest eine Diskussion der verschiedensten Möglichkeiten der Entwicklung der Energieversorgung scheint daher dringend notwendig. Partikuläre Abschätzungen einzelner Sektoren, wie etwa des Strombedarfs unter Berücksichtigung deterministischer Gegebenheiten wie Verträge, altersbedingte Ausserbetriebnahmen von Kraftwerken und historische Zuwachsraten, dürften fehlgehen. Der Ernst der Lage sollte dabei eben nicht unterschätzt werden. Was mit den obigen Ausführungen aufgezeigt werden soll, ist ein erhöhter Bedarf an elektrischer Energie, der zu einer schwierigen Engpasssituation führen kann. Es ist nämlich nicht nur die Kraftwerkskapazität, die fehlen wird, sondern auch die Übertragungskapazität, die bei Auftreten von erhöhten Leistungsspitzen im Winter nachteilig in Erscheinung tritt. Da der Strompreis für den Endverbraucher keine vergleichbare Marktabhängigkeit wie derjenige für Erdölprodukte aufweist, ist eine hohe Preiselastizität nicht zu erwarten und damit keine entsprechende Anpassung des Verbrauchs, sofern die Verfügbarkeit der elektrischen Energie gegeben ist. Es kann aber auch der Fall eintreten, dass der Mehrverbrauch, der sich gegebenenfalls aus der geschilderten Substitution ergeben würde, nicht gedeckt werden kann. Dann ist es durchaus möglich, dass der Strompreis steigt bzw. Einschränkungen in Kraft treten müssen. Beim Strom würden sich Letztere bei Leistungsspitzen aufdrängen.

Am Schluss sei noch ein Blick auf die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft geworfen und auf einige Relationen hingewiesen. In der Schweiz konsumiert jeder Einwohner heute rund 3800 Watt auf Basis der Endenergie.[2)] Davon macht die elektrische Leistung 880 Watt aus, also beinahe die Hälfte des visionären Ziels. Mit der Zielsetzung 2000 Watt wäre es also auch notwendig, die elektrische Leistung, das heisst den Jahresbedarf, zu vermindern. Dass dies nicht so ohne Weiteres möglich sein wird, zeigen die Energieszenarien des Bundesamts für Energie [2]. Darüber hinaus sind die oben angeführten Substitutionstendenzen zu erwarten.

Wie mit dem Titel dieses Beitrags angedeutet werden sollte, kann sich die Elektrizität als Träger der elektrischen Energie in Zukunft in einem kritischen Spannungsfeld befinden, das dann kurzfristig schwierig zu mildern sein wird. Daher sei nochmals auf die Notwendigkeit einer Gesamtenergiebetrachtung hingewiesen. Gemeint ist die Ausarbeitung von Analysen und Prognosen aller Energieträger, Technologieabschätzungen und die Einbeziehung des Wettbewerbs von Energieträgern untereinander. Schliesslich hat ein erhöhter Energiepreis auch Auswirkungen auf das Wirtschaftsgefüge, ein Problem, das nicht ausser Acht gelassen werden sollte.

Ein Anstoss zur Diskussion

Die sich durch das altersbedingte Abschalten der Schweizer Kernkraftwerke in den nächsten 20 Jahren abzeichnende Versorgungslücke bei der elektrischen Energieversorgung kann durch die Entwicklung bei den Ölpreisen noch verschärft werden. In diesem Beitrag werden einige Überlegungen angestellt, wie und in welchen Bereichen eine Substitution von fossilen Energieträgern durch elektrische Energie erfolgen könnte. Eine umfassende Diskussion dieser Thematik würde den Rahmen eines Fachbeitrags allerdings sprengen. Autor und Redaktion würden es daher begrüssen, wenn Sie als Leser – etwa mit einem Leserbrief – die Diskussion aufgreifen und uns Ihre Meinung oder Ihre Anregungen zustellen würden.
Per Post an: Electrosuisse, VTM/Sz, Luppmenstrsse 1, 8320 Fehraltorf, oder per E-Mail an: rolf.schmitz@electrosuisse.ch

Referenzen

[1] Schweizerische Gesamtenergiestatistik, Bulletin SEV/VSE 16/2006
[2] NZZ vom 29.3.2006 und vom 5.5.2006

Angaben zum Autor

Prof. Dr. **Hans Glavitsch** leitete von 1978 bis 1999 die Fachgruppe Energieübertragungssysteme an der ETH Zürich, in der die Netzleittechnik, Versorgungssicherheit und Computeranwendungen für die Energieübertragung die Hauptforschungsthemen darstellten. In den letzten 25 Jahren war er als Gutachter für Regierungsstellen und Unternehmen in Deutschland, Österreich, Kanada und der Schweiz für Fragen der Netzsicherheit beratend tätig.
Hombergstrasse 14, 5415 Nussbaumen, haglav@bluewin.ch

[1] Die Zahlenwerte für die Schweiz und Deutschland stammen aus der Eurostat, für Norwegen von Nordel.
[2] Bezogen auf die Primärenergie sind es 4700 W.

Résumé

L'électricité dans le champ de tension des futurs besoins en énergie

La garantie du futur approvisionnement en énergie doit être considérée de manière globale. Lorsque les grandes centrales électriques suisses auront atteint leur limite d'âge, cela aboutira en Suisse à un déficit prévisible qui ne pourra être compensé sans autre. Et si en raison de la hausse des prix du pétrole, 2 à 3% des combustibles fossiles sont déjà remplacés par l'énergie électrique, cela représente une augmentation de 10% qui vient s'ajouter à la tendance à long terme. Il ne s'agit cependant pas uniquement de la mise à disposition des capacités de centrales pour répondre aux besoins futurs, mais également de l'extension des capacités de transport correspondantes, ce qui, étant donné les longues phases de planification et les processus de formation d'opinion politique, ne peut être réalisé à court terme. Les goulets d'étranglement à craindre pourraient avoir des conséquences négatives surtout en hiver.