

# Elektrische Energie: Versorgungssituation in Europa und der Schweiz, auch unter Berücksichtigung des Umweltschutzes

Autor(en): **Legeret, Marc / Tillwicks, Thomas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **110 (1992)**

Heft 49

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77996>

## **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.

# Elektrische Energie

Versorgungssituation in Europa und der Schweiz, auch unter Berücksichtigung des Umweltschutzes

**Wachsende Weltbevölkerung, zunehmende Komfortbedürfnisse der Menschheit und neue Anwendungsbereiche führen zu weiter steigendem Bedarf an elektrischer Energie. Die mit der Energieversorgung verbundenen globalen Risiken und Umweltprobleme werden immer offensichtlicher und erschweren zunehmend den Ausbau der Versorgungssysteme. Nachstehend folgt ein Überblick über die gegenwärtige Stromversorgungssituation und zukünftige Tendenzen in der Schweiz und in weiteren europäischen Ländern.**

## Stromerzeugung als Teil der Welt-Energieversorgung

Die elektrische Energie hat in unserem Jahrhundert eine Bedeutung wie kaum eine andere Energiequelle erreicht. Als

VON MARC LEGERET UND  
THOMAS TILLWICKS,  
OLTEN

universeller Endenergieträger dient elektrischer Strom zur Licht-, Kraft- und Wärmezeugung sowie zur Informationsverarbeitung.

Elektrische Energie lässt sich aus praktisch allen Primärenergieträgern erzeugen. Die Randbedingungen bei der Gewinnung, Förderung und beim Transport der Rohstoffe, die Notwendigkeit der Ressourcenschonung sowie die mit der Verwendung verbundenen Probleme, insbesondere des Umweltschutzes, wirken sich direkt auf die elektrische Energieversorgungssituation aus. Die künftige Entwicklung ist daher untrennbar in die globale Energiewirtschaft eingebettet.

Die weltweite Energieversorgung stützt sich weitgehend auf die fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas ab. Ihr Anteil am Weltprimärenergieverbrauch lag im Jahr 1989 bei 76% (Bild 1). Gemessen daran, nimmt sich die Nutzung der Kernenergie und der Wasserkraft mit zusammen rund 11% recht bescheiden aus.

Der Anteil des Primärenergieverbrauchs, der zur Stromerzeugung eingesetzt wird, ist in der Vergangenheit kontinuierlich angestiegen. Dies veranschaulicht die weltweit wachsende Bedeutung der Elektrizität. In den Industrieregionen Europas, Nordamerika und in der ehemaligen Sowjetunion wurden im Jahre 1989 rund 36% des gesamten Primärenergieverbrauchs für die Erzeugung von elektrischer Energie verwendet. Auch hieran haben mit rund

60% die fossilen Energieträger die überragende Bedeutung.

Etwa 75% des Weltverbrauchs an Primärenergieträgern entfällt auf die Industrieländer, die jedoch nur ein Viertel der Weltbevölkerung stellen. Pro Kopf der Bevölkerung liegt der Primärenergieverbrauch in den Industriestaaten bei 4,25 t Öleinheiten pro Jahr, gegenüber 0,65 t Öleinheiten in den Entwicklungsländern. Die auf der Welt-Energiekonferenz 1989 in Montreal vorgestellten Szenarien zum Weltenergieverbrauch gehen zur Zeit von Wachstumsraten von weltweit 1,2 - 1,6% pro anno aus. In den Entwicklungsländern werden zur Deckung der Grundbedürfnisse der Menschen bei ungebremstem Bevölkerungswachstum sowie infolge zunehmender Industrialisierung und allgemeiner Nachholbedürfnisse höhere Werte erwartet. Bis zum Jahr 2005 dürfte nach Angaben der Internationalen Energieagentur der Energieverbrauch in den OECD-Ländern um rund 25%, in den übrigen Ländern jedoch um 70% zunehmen.

## Klimaproblematik der fossilen Energieträger

Die Konsequenzen des seit Ende des 2. Weltkrieges um mehr als das vierfache

gestiegenen Welt-Energieverbrauchs wurden erstmals in der Folge der Ölkrisen der 70er Jahre deutlich. Damals standen die Grenzen des Wachstums und die Ressourcen-Reichweiten-Problematik im Vordergrund der Diskussionen. In den 80er Jahren traten vermehrt die schon heute sichtbaren Auswirkungen des Energieverbrauchs auf die Umwelt und das Weltklimaproblem ins Zentrum des Interesses.

Die Hauptquelle der Luftverschmutzung und der globalen Klima-Veränderungen stellt die Verbrennung der fossilen Energieträger in den Sektoren Energie und Verkehr dar. Nach den vorliegenden Analysen hat CO<sub>2</sub> mit rund 50% den grössten Anteil am Treibhauseffekt (Tabelle 1). Auf zwei Klimakonferenzen wurden daher bereits Ziele festgelegt, die eine drastische weltweite Reduzierung des Schadstoffausstosses vorsehen:

- 1988 in Toronto eine 20%ige Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses bis zum Jahr 2005 sowie eine insgesamt 50%ige Reduktion bis zum Jahr 2050
- 1990 in Genf die jährliche Senkung der CO<sub>2</sub>-Emission um 1% bis um die Mitte des nächsten Jahrhunderts und damit Stabilisierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre auf einem Niveau 50% über dem vorindustriellen Wert.

Dies sind überaus ehrgeizige Ziele und zurzeit ist ungewiss, ob sie auch nur annähernd erreicht werden können. Die aktuelle Entwicklung mit ungebrochenem Wachstum der Weltbevölkerung und des Weltprimärenergieverbrauchs sieht jedenfalls recht ernüchternd aus, und es besteht weitgehende Einigkeit über die gewaltige Herausforderung, vor der die Menschheit hier steht. Eine Patentlösung wird es nicht geben. Vielmehr ist ein globales Zusammenwirken von Massnahmen in drei Hauptbereichen erforderlich:

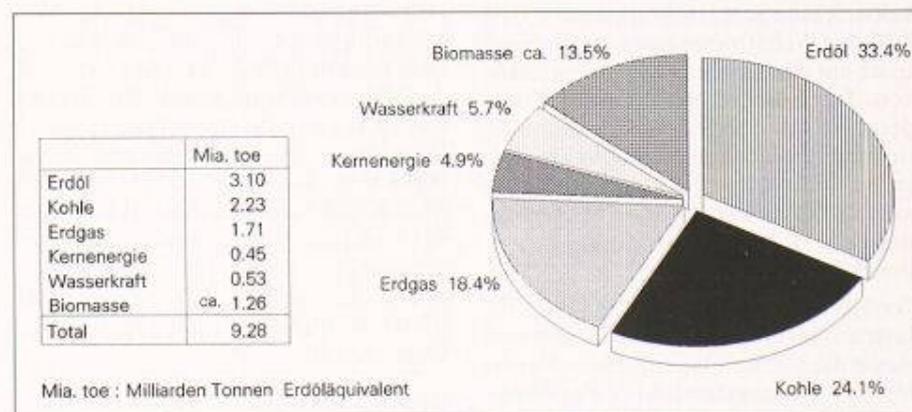


Bild 1. Welt-Primärenergieverbrauch im Jahre 1989 (Quelle: UN-Economic Commission for Europe 1991, World Energy Conference 1989)

Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	50%
Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW)	22%
Methan (CH <sub>4</sub> )	13%
Ozon (O <sub>3</sub> )	7%
Distickstoffoxid (N <sub>2</sub> O)	5%
Stratosphärischer Wasserdampf (H <sub>2</sub> O)	3%
Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages, 1990	

Tabelle 1. Bedeutung der Treibhausgase für die weltweiten Klimaveränderungen

- Rationellerer Energieeinsatz und Ausnutzung aller Energieeinsparungsmöglichkeiten.
- Ersatz kohlenstoffreicher Energieträger durch kohlenstoffärmere Energieträger, z.B. Substitution von Kohle durch Erdgas, das wegen seines Methananteils bei der Verbrennung um 40% geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht.
- Ersatz fossiler Energieträger durch andere Quellen, z.B. Kernenergie, neue erneuerbare Energieträger und - soweit noch möglich - durch Wasserkraft.

Die im Juni dieses Jahres in Rio de Janeiro stattgefundenen «United Nations Conference on Environment and Development» (UNCED) hat gezeigt, wie schwer es ist, den Weg in Richtung eines «sustainable development», d.h. einer dauerhaften Entwicklung, die die Chancen künftiger Generationen nicht beeinträchtigt, einzuschlagen. Die Fortschritte, die sich aus der Verabschiedung der Rio-Deklaration und weiterer Konventionen sowie der weltpolitischen Bedeutung der Konferenz ergeben, dürfen hingegen auch nicht übersehen werden.

### Stromerzeugung aus den einzelnen Energieträgern

#### Kohle

Die Stromerzeugung aus Kohle nimmt weltweit eine Schlüsselstellung ein. Fast 40% der Weltstromerzeugung basieren heute auf der Kohle. Auch in den nächsten Jahrzehnten wird dieser Energieträger seine weltweit dominierende Stellung für die Stromerzeugung beibehalten. Absolut gesehen, dürfte sich bis zur Jahrtausendwende eine Verdoppelung der Kohle-Verstromung gegenüber 1975 ergeben.

Kohlekraftwerke gehören zu jenen Industrieanlagen, die in besonderem Masse die Umwelt beeinflussen. Neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen sind es die Schwefeldioxid- und Stickstoffdioxid-Emissionen, die als Mitverursacher des Waldsterbens und des Ozonanstiegs in der unteren

Atmosphäre gelten. Seit den 80er Jahren wurde die Umweltschutzgesetzgebung in einzelnen Ländern drastisch verschärft.

In Deutschland beispielsweise mussten in den alten Bundesländern Kraftwerke mit einer elektrischen Leistung von zusammen rund 35'000 MW mit Rauchgasentschwefelungsanlagen und 54'000 MW mit Massnahmen zur Minderung der Stickoxydemissionen - Katalysatoren und feuerungstechnische Massnahmen, z.B. neue Brennersysteme - ausgerüstet werden. Dieses Umweltschutzprogramm umfasste Investitionen von 22 Mia. DM im Zeitraum von 1982 bis 1991 und führt zu einer Verteuerung der Kilowattstunde elektrischer Energie um rund drei Pfennige. Für neu zu erstellende Kohlekraftwerke rechnet man in Deutschland heute damit, dass rund 40% der Investitionskosten für die Bereiche Luftreinhaltung, Gewässerschutz, Lärmbekämpfung und Abfallbeseitigung aufgewendet werden müssen (Tabelle 2).

Der Erfolg der Umweltschutzmassnahmen zeigt sich in einer drastischen Reduzierung der Schadstoffemissionen. Gemessen am Emissions-Niveau von 1982 werden beim SO<sub>2</sub> nahezu 90%, beim NO<sub>x</sub> ca. 75% erreicht. Die Staubemissionen haben sich im Zusammenhang mit der Nachrüstung der Kraftwerke um über 80% vermindert.

Die Wirkungsgrade konventioneller Dampfkraftwerke liegen heute im Bereich von 40-45%. In den vergangenen Jahrzehnten wurden beachtliche Verbesserungen erzielt. Ähnlich wie der Benzinverbrauch beim Pkw, ist auch der Kohleverbrauch zur Produktion von 1 kWh deutlich zurückgegangen, in Deutschland beispielsweise seit dem 2. Weltkrieg von 700 g/kWh auf 310 g/kWh. Mit Blick auf die Zukunft wird an weiteren Erhöhungen der Wirkungsgrade gearbeitet. Kombikraftwerke mit vorgeschalteter Gasturbine (GuD-Technik) erreichen bereits Werte von bis zu 54%.

#### Öl

Die Bedeutung öl-thermischer Kraftwerke hat nach den Ölkrisen der 70er

Kraftwerksbaukosten:	61%
Umweltschutzkosten:	
Luftreinhaltung	29%
Gewässerschutz	5%
Lärmbekämpfung	3%
Abfallbeseitigung	2%
Modellrechnung für 700-MW-Steinkohlekraftwerk, IZE, 1988	

Tabelle 2. Umweltschutzkosten in deutschen Kohlekraftwerken

Jahre und angesichts der beschränkten Ressourcen an Erdöl, für das heute eine Reichweite von rund 45 Jahren angegeben wird, weltweit abgenommen. Gegenwärtig werden weniger als 10% der Welt-Stromerzeugung aus Ölkraftwerken erbracht. In der Schweiz existiert nur ein grösseres Ölkraftwerk, und zwar in Vouvry/Wallis. Zusammen mit weiteren kleineren Anlagen ergibt sich ein Ölanteil von ca. 2% an der Landesstromerzeugung. Auch in unseren Nachbarländern werden ölthermische Kraftwerke vermehrt lediglich als Reserveanlagen oder in Höchstlastzeiten eingesetzt.

Hinsichtlich des CO<sub>2</sub>-Ausstosses, d.h. des Treibhauseffektes, verhalten sich Ölkraftwerke ähnlich wie Kohlekraftwerke. Die Schwefeldioxid-Emissionen müssen auch hier durch Einsatz von Rauchgasentschwefelungsanlagen oder durch Verwendung von besonders schwefelarmen, aber teurerem Heizöl begrenzt werden.

#### Erdgas

Gaskraftwerke haben in der letzten Zeit als Folge der Klimadiskussion verstärkte Beachtung gefunden. Einerseits ergibt sich aus den derzeit wirtschaftlich gesicherten Erdgasreserven auf der Basis der heutigen Produktion mit ca. 63 Jahren eine um etwa 20 Jahre grössere Reichweite des Erdgases gegenüber dem Erdöl. Andererseits besteht Erdgas zum überwiegenden Teil aus Methan, das bei der Verbrennung neben CO<sub>2</sub> Wasser erzeugt. Die Vorzüge der CO<sub>2</sub>-ärmeren Verbrennung und der praktischen Schwefelfreiheit des Erdgases haben in letzter Zeit in Abänderung des alten Zieles «Weg vom Öl» das Motto «Hin zum Erdgas» gebracht. Das Erdgas, das bereits heute mit rund 10% an der Welt-Stromerzeugung beteiligt ist, wird somit in den nächsten Jahrzehnten als Übergangsbrennstoff noch an Bedeutung gewinnen. Die ökologischen Vorteile des Erdgases kommen aber nur dann zum Tragen, wenn Förderung und Verteilung mit einem hohen technischen Sicherheitsstandard erfolgen. Methan, der Hauptbestandteil des Erdgases hat nämlich eine vielfach

höhere Klimawirkung als  $\text{CO}_2$ , sodass bereits geringe Förder- und Transportverluste die Nutzung des Erdgases problematisch werden lassen.

### Kernenergie

Weltweit waren am Jahresbeginn 1991 423 Kernkraftwerke mit einer Gesamtleistung von rund 327'000 MW in Betrieb, die einen Anteil von 17% an der Welt-Stromproduktion hatten. Die Schweiz gehört zu den Ländern mit hohem Atomstromanteil. 1991 lieferten die schweizerischen Kernkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 2'930 MW rund 39% der Landesstromerzeugung.

Die dringender werdenden Umweltprobleme werden ohne Kernenergieeinsatz in der Zukunft nicht zu bewältigen sein. Das Klimaproblem und die ansteigende Nachfrage nach Elektrizität erzwingen eine Neubewertung der Kernenergie. International sind positive Ansätze für eine wieder wachsende Akzeptanz der Kernkraftnutzung zu erkennen. Entscheidend für das weitere Vertrauen der Bevölkerung in die Kernenergie wird auch sein, wie schnell und umfassend die Sicherheit der Kernkraftwerke im ehemaligen Ostblock verbessert werden kann. Gesamthaft entsprechen rund 60 Kernkraftwerke sowjetischer Herkunft nicht den westlichen Sicherheitsstandards und müssten teilweise, zumindest vorsorglich, stillgelegt werden. Deutschland hat mit der Abschaltung sämtlicher Kernkraftwerke in der ehemaligen DDR – Gesamtleistung 5'800 MW – hierzu bereits ein Zeichen gesetzt.

In der Reaktortechnik geht die weitere Entwicklung in Richtung fortgeschrittener Leichtwasserreaktoren mit vermehrt inhärenter Sicherheit und passiven Schutzsystemen, die sich z.B. Schwerkraft, natürliche Konvektion und Verdampfung zu Nutze machen. Eingriffe nach Störungen sollen damit erst nach Stunden bis Tagen nötig werden.

### Wasserkraft

Wasserkraft stellt die bislang weltweit am intensivsten genutzte regenerative Energiequelle dar und liefert rund 20% der Weltstromerzeugung. Sie ist die rationellste Form der Sonnenenergienutzung.

Im Alpenraum und im übrigen Europa ist das ausbauwürdige Potential an Wasserkraft in grossem Masse ausgeschöpft. Weltweit betrachtet, wird jedoch geschätzt, dass das theoretische Potential für die Stromerzeugung aus Wasserkraft bisher nur zu rund 10% genutzt wird. Weitere Wasserkraftpotentiale befinden sich insbesondere in Afrika

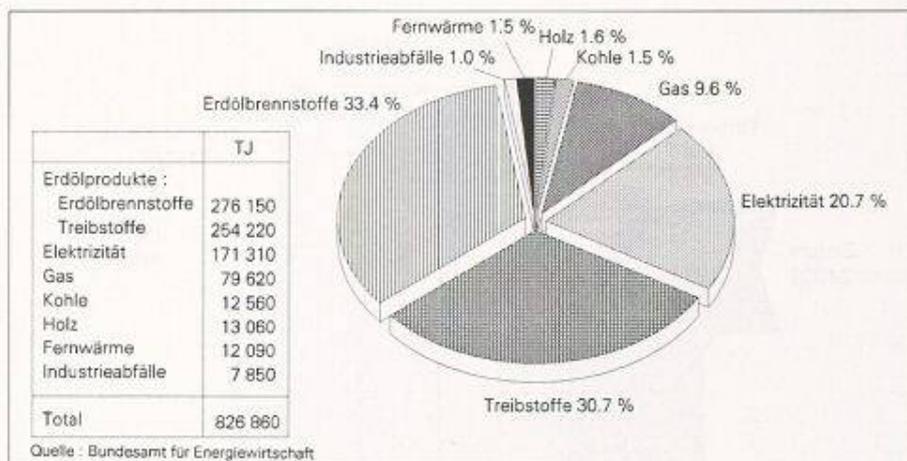


Bild 2. Gesamter Endverbrauch in der Schweiz an Energieträgern 1991 (Quelle: Bundesamt für Energiewirtschaft)

und in Süd-Amerika, wo bereits das grösste Wasserkraftwerk der Welt in Itaipu mit 12'600 MW installierter Leistung arbeitet. Aber auch in Asien bieten die grossen Flüsse noch gewaltige Wassernutzungsmöglichkeiten.

Die Wasserkraft ist zwar eine saubere, umweltfreundliche und keine Emissionen verursachende regenerative Energiequelle. Trotzdem ist ihre Nutzung verschiedentlich ins Kreuzfeuer ökologischer Kritik geraten. In der Schweiz wie auch in anderen Ländern wird daher durch eine umfangreiche Umweltschutzprüfung gewährleistet, dass bei Neubauprojekten berechtigten Anliegen des Umweltschutzes gebührend Rechnung getragen wird.

### Neue erneuerbare und andere Energieträger

Die Erschliessung und Nutzung erneuerbarer Energieträger wird ständig vorangetrieben. In einzelnen, vorwiegend dezentralen Anwendungsbereichen bestehen schon heute wirtschaftlich günstige Einsatzmöglichkeiten, z.B. bei der Windenergienutzung in der Nähe von Meeresküsten und der Sonnenenergienutzung zur Warmwassererzeugung in südlichen Ländern. In der Schweiz laufen Pilotversuche zur Nutzung von Wasserstoff als Energieträger sowie auf dem Gebiet der Photovoltaik. Die Stromgestehungskosten liegen jedoch bei 1 Fr./kWh und damit noch weit über denen herkömmlicher Kraftwerke. Für die kommenden Jahre wird daher in der Schweiz wie auch weltweit nur von einem bescheidenen Anteil der neuen erneuerbaren Energieträger an der Stromerzeugung ausgegangen.

Auch die Kernfusion wird in absehbarer Zeit noch keine Alternative bieten können. In Grossbritannien wurden im vergangenen Jahr beachtliche Fortschritte bei Versuchen auf Laborebene erreicht. Bis zu einem echten Durchbruch, geschweige denn bis zur Markt-

reife und Bewältigung aller technologischen und Sicherheitsprobleme dürfte es noch ein sehr weiter Weg sein.

### Aktuelle Tendenzen in der europäischen Elektrizitätsversorgung

In der Schweiz wie auch im europäischen Umfeld wird von einer weiterhin steigenden Nachfrage nach Elektrizität ausgegangen. In der Schweiz wird mit Steigerungsraten von 2,6% bis 1995 und von 2,1% für den Zeitraum danach gerechnet. Ähnliche Ansätze werden auch in der Europäischen Gemeinschaft gemacht. Demgegenüber bestehen in zahlreichen Ländern zunehmend grössere Unsicherheiten und Hemmnisse bei der Genehmigung und dem Bau neuer Anlagen zur Stromproduktion und -verteilung. Wie der Mehrstrombedarf längerfristig gedeckt werden soll, ist daher vielerorts noch ungewiss.

### Schweiz

In der Schweiz ist die Elektrizität mit rund 21% nach den Erdölprodukten der zweitwichtigste Endenergieträger (Bild 2). Im Jahr 1991 belief sich die Produktion der schweizerischen Kraftwerke auf 56,1 Mia. kWh. Am gesamten Stromaufkommen waren Wasserkraftwerke zu 59%, Kernkraftwerke zu 39% und die ölthermischen Anlagen zu 2% beteiligt (Bild 3).

Die Produktion der Wasserkraftwerke ist wegen des hohen Ausbaustandes seit Beginn der 80er Jahre annähernd konstant geblieben. Der allgemein steigende Strombedarf musste zunehmend durch Kernenergie gedeckt werden. Insbesondere die Inbetriebnahmen der grossen schweizerischen Kernkraftwerke Gösgen (1979) und Leibstadt (1984) haben hierzu wesentlich beigetragen. Seither gestaltet sich die Deckung des Strombedarfs zunehmend schwieriger.

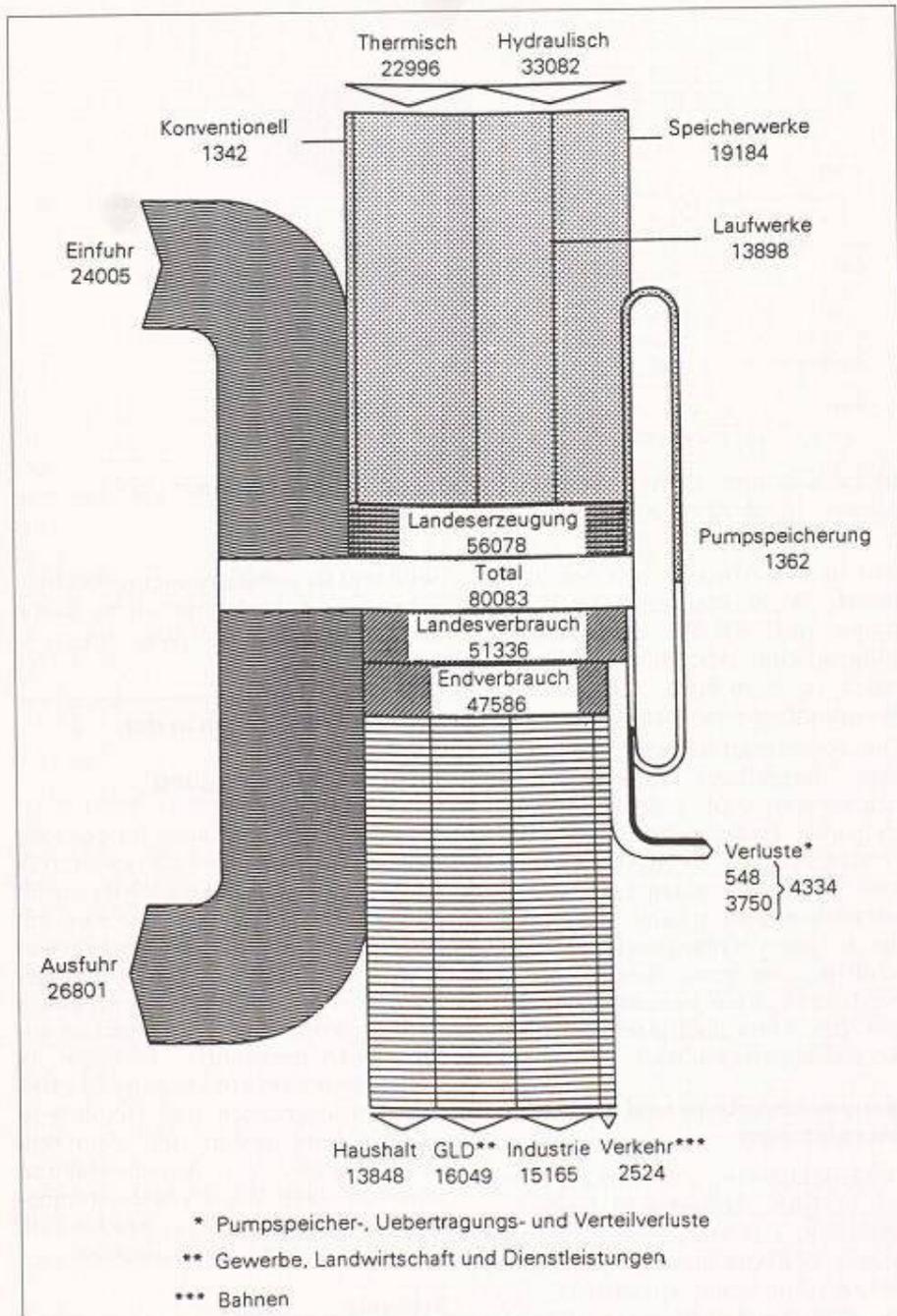


Bild 3. Flussdiagramm der Elektrizität 1991 (GWh)

Die früher hohen Exportmöglichkeiten der schweizerischen Wasserkraftwerke durch die Schneeschmelze im Sommer schrumpfen von Jahr zu Jahr. Im Winterhalbjahr tritt seit drei Jahren ein deutlicher Importüberschuss auf, der zeigt, dass die schweizerischen Produktionsanlagen nicht mehr für die Landesversorgung an Elektrizität ausreichen. Die schweizerischen Elektrizitätswerke mussten zunehmend Strom auf dem europäischen Markt, insbesondere in Form von langfristigen Bezugsverträgen aus französischen Kernkraftwerken, beschaffen. Bei schlechter Wasserführung der Flüsse ergäbe sich bereits heute ein Importbedarf von rund 3 Mia. kWh, das entspricht der gesamten Winterproduktion eines schweizeri-

schen Kernkraftwerkes vom Typ Gösigen oder Leibstadt.

Auch in den nächsten Jahren wird sich die Deckung des Strombedarfs in der Schweiz weiter erschweren, da kein nennenswerter Zubau an neuen Erzeugungsanlagen stattfinden wird. Gegenwärtige Anstrengungen konzentrieren sich bei der Nutzung der Wasserkraft auf Anlagenerneuerungen bzw. auf den Ersatz überalterter Anlagen mit entsprechender Effizienzverbesserung sowie auf die Vergrößerung der Speichervolumina, um in verstärktem Masse hydraulische Produktion aus dem Sommer- in das verbrauchsstarke Winterhalbjahr verlagern zu können. Dem stehen die Forderungen nach verstärktem Gewässerschutz entgegen, die zukünf-

tig aufgrund des revidierten Gewässerschutzgesetzes (Volksabstimmung vom 17. Mai 1992) zu beträchtlichen Produktionseinbußen führen könnten.

Die Volksabstimmung vom 23. September 1990 stellt die Basis für die künftige schweizerische Energiepolitik dar. Damals wurde einem Energieverfassungsartikel zugestimmt, der Ausstieg aus der Kernenergie verworfen und ein zehnjähriger Bewilligungs- und Baustopp für neue Kernenergieanlagen verfügt (Moratorium). Bundesrat und Parlament haben am 1. Mai 1991 den Energienutzungsbeschluss erlassen und am 1. März 1992 die Energienutzungsverordnung in Kraft gesetzt. Im weiteren wurde das sogenannte Aktionsprogramm «Energie 2000» lanciert, das bei der Elektrizität eine zunehmende Dämpfung der Verbrauchszunahme und eine Stabilisierung des Verbrauchs ab dem Jahre 2000 anstrebt. Der Beitrag der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung soll bis zum Jahr 2000 etwa 0,5% betragen. Darüber hinaus soll die mittlere Produktionserwartung der Wasserkraftwerke um 5% und die Leistung der Kernkraftwerke um insgesamt 10% gesteigert werden.

Die Ziele des Programms «Energie 2000» sind gemessen an der bisherigen Entwicklung und der Prognose des Strombedarfs hochgesteckt. Im vergangenen Jahr 1991 steigerte sich der Landes-Stromverbrauch um 2,1% auf 51,3 Mia. kWh. Das ist zwar ein geringfügig schwächerer Anstieg als in den Vorjahren. Ob sich darin bereits Erfolge des Aktionsprogramms «Energie 2000» zeigen, bleibt jedoch abzuwarten. Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft ist, soweit es ihre Zuständigkeit betrifft, gewillt, das Programm «Energie 2000» Wirklichkeit werden zu lassen. Die Leistungserhöhung der Kernkraftwerke befindet sich in der Realisierungsphase. Zur Erhöhung der hydraulischen Produktion sind Genehmigungsanträge für verschiedene Erneuerungsprojekte gestellt worden.

Darüber hinaus wird der Erfolg des Programms «Energie 2000» aber entscheidend davon abhängen, ob eine zunehmende Dämpfung der Verbrauchszunahme von Elektrizität erreicht werden kann.

Im Bereich der elektrischen Haushaltsgeräte wurde der spezifische Stromverbrauch in den vergangenen Jahren teilweise um bis zu 60% gesenkt (Tabelle 3). Auch aus der Industrie werden Erfolge beim rationelleren Stromeinsatz gemeldet. Trotzdem müssen noch weitere Einsparungspotentiale erschlossen und die Verbraucher zu verstärkt energiebewusstem Verhalten motiviert werden. Sonst ist noch in diesem Jahrzehnt

mit einer deutlichen Stromversorgungslücke in der Schweiz zu rechnen, wie dies aus den Vorschauen der zehn grossen schweizerischen Elektrizitätswerke, den sogenannten Zehn-Werke-Berichten von 1987 und 1990, hervorgeht.

Im Rahmen des Programmes «Energie 2000» wird von politischer Seite ein Energiefrieden angestrebt. Für die schweizerische Elektrizitätswirtschaft sind dieser Aspekt und eine breite Zustimmung der Bevölkerung zur nationalen Energiepolitik besonders wichtig, um die notwendigen Investitionsentscheidungen mit langfristiger Kapitalbindung treffen zu können. Die Abstimmungen zum Gewässerschutz am 17. Mai 1992 haben unlängst gezeigt, auf welch wackeligen Füßen der Energiefrieden in unserem Lande steht.

### Schweden

Schweden und die Schweiz weisen im Bereich der Energieversorgung viele Gemeinsamkeiten auf: Wasserkraft und Kernenergie als Hauptpfeiler der Stromerzeugung, keine nennenswerten eigenen Ressourcen an fossilen Energieträgern und hohes Umweltbewusstsein der Bevölkerung. Die Auseinandersetzung um die Kernenergie hat nach dem Reaktorstörfall von Harrisburg zum Beschluss geführt, die 12 schwedischen Kernkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 9877 MW bis spätestens zum Jahre 2010 stillzulegen.

Die vergangenen Jahre waren in Schweden von zahlreichen energiepolitischen Diskussionen über einen möglichen vorzeitigen Ausstieg aus der Kernenergie, über ökologische Forderungen und über Alternativszenarien geprägt. 1991 haben die Parteien des schwedischen Parlamentes in einem Abkommen das Jahr 2010 als Ausstieg aus der Kernenergie vorerst bestätigt. Gemäss diesem Abkommen, das Schweden zunächst einen Energiefrieden beschert hat, werden für den Zeitplan zur Stilllegung der Kernkraftwerke Fortschritte bei der rationalen Energieanwendung und beim Einsatz alternativer Energieträger massgebend sein. Darüber hinaus ist der Beschluss zum Kernenergieausstieg nicht in der Verfassung verankert und somit auf politischem Wege bei geänderten Randbedingungen korrigierbar.

### Deutschland

Im wiedervereinigten Deutschland wurde in den Leitsätzen für die zukünftige Energiepolitik festgelegt, dass sich die Stromerzeugung weiterhin auf die beiden Eckpfeiler Kohle und Kernkraft stützen soll. Der einheimische Steinkohlebergbau ist in Deutschland ein wichtiger Erwerbszweig. Hinsichtlich

*Tabelle 3. Senkung des spezifischen Stromverbrauches von Haushaltgeräten seit 1975*

Waschmaschinen	20%
Geschirrspüler	40%
Kühlschränke	40%
Grfriertruhen, -schränke	60%
Backöfen	25%
Kochherde mit Keramikplatten	5%

Infel, 1986

der weiteren Nutzung der Kernenergie hofft die deutsche Bundesregierung angesichts der technischen Fortschritte, verbesserter Sicherheitssysteme und der Umweltproblematik auf eine wieder wachsende Akzeptanz seitens der Bevölkerung.

Der Schwerpunkt der energiepolitischen Massnahmen in der alten Bundesrepublik soll bei der Energieeinsparung liegen. In der ehemaligen DDR hingegen wird eine Halbierung des Braunkohlebergbaues sowie ein vermehrter Einsatz umweltfreundlicherer Energieträger, vor allem Erdgas, angestrebt. Das Potential zur Energieeinsparung und zur Reduzierung des Schadstoffausstosses in den neuen Bundesländern ist recht gross. Wie in allen ehemals kommunistischen Ländern Osteuropas hat die Planwirtschaft systembedingt zu einem verschwenderischen Umgang mit Energie geführt. Die enormen Subventionen, mit denen die Energiepreise niedriggehalten wurden, die geringen Wirkungsgrade der Erzeugungsanlagen, die hohen Transportverluste und die nicht vorhandenen Anreize zu sparsamerer und umweltverträglicherer Energieverwendung sind die wesentlichen Ursachen der extrem hohen Energieverbräuche.

Die Elektrizitätswirtschaft in der ehemaligen DDR wurde seit 1990 in Anlehnung an die Struktur der westdeutschen Elektrizitätswirtschaft neu gegliedert. Neben einem überregionalen ostdeutschen Verbundunternehmen für die Stromerzeugung und -verteilung wurden 15 regionale Elektrizitätsversorgungsunternehmen neu gegründet.

Nach der Stilllegung aller Kernkraftwerke sowjetischer Bauart besteht die Hauptaufgabe der ostdeutschen Elektrizitätswirtschaft gegenwärtig in der Sanierung der überalterten Kraftwerke und Netze. Sie wird durch einen Verbrauchsrückgang von rund 25% beim Strom als Folge der wirtschaftlichen Umwälzungen erleichtert. Mitte 1990 wurde in einem ersten Schritt die Sanierung der acht grossen 500-MW-Braunkohle-Kraftwerksblöcke und der Bau von Rauchgas-Entschwefelungsanlagen beschlossen. Bisher waren die Kraftwerke und Industrieanlagen in der

ehemaligen DDR, in der Tschechoslowakei und in Polen die grössten Luftverschmutzer in Europa. Weiterhin soll nach Errichtung von insgesamt drei Hochspannungsleitungen in die ehemalige Bundesrepublik voraussichtlich 1993 der Anschluss der neuen Bundesländer an das westeuropäische Stromverbundnetz erfolgen.

Insgesamt werden in den nächsten 10-15 Jahren in der ehemaligen DDR Investitionen für die Stromversorgung von rund 40 Mia. DM zu tätigen sein, deren Finanzierung ein erhebliches Problem darstellt.

### Osteuropa

Die übrigen ehemals kommunistischen Länder in Osteuropa stehen vor ähnlichen Problemen wie die Ex-DDR, nur fehlt ihnen der reiche Götti aus dem Westen. Neben dem schlechten technischen Zustand der Anlagen leiden einige Länder zusätzlich unter mangelnder Diversifizierung in der Stromerzeugung und hoher Importabhängigkeit auf dem Energiesektor von der ehemaligen Sowjetunion. Der Aufbau moderner und umweltgerechter Stromversorgungssysteme führt zu einem enormen Kapitalbedarf, und die Finanzierung wird daher auch hier das Hauptproblem der nächsten Jahre sein.

Im Dezember 1991 wurde die Europäische Energiecharta in Den Haag unterzeichnet, an der auch die Schweiz partizipiert. Ziel der Vertragspartner ist vor allem auch, eine engere Zusammenarbeit zwischen Westeuropa und dem ehemaligen Ostblock zu ermöglichen. Erste Projekte in dieser Richtung zeichnen sich bereits ab. Zum Beispiel wollen Polen und die Tschechoslowakei Kraftwerke mit westlicher Hilfe modernisieren und die Finanzierung durch Stromexporte sichern.

### Grossbritannien

In Grossbritannien ist die Stromlandschaft durch die 1990 teilweise eingeführte Privatisierung der Elektrizitätsversorgung gekennzeichnet, die bis 1998 vollendet sein soll. Mit Ausnahme der Kernkraftwerke wurde das staatliche Monopolunternehmen Central Electricity Generating Board (CEGB)

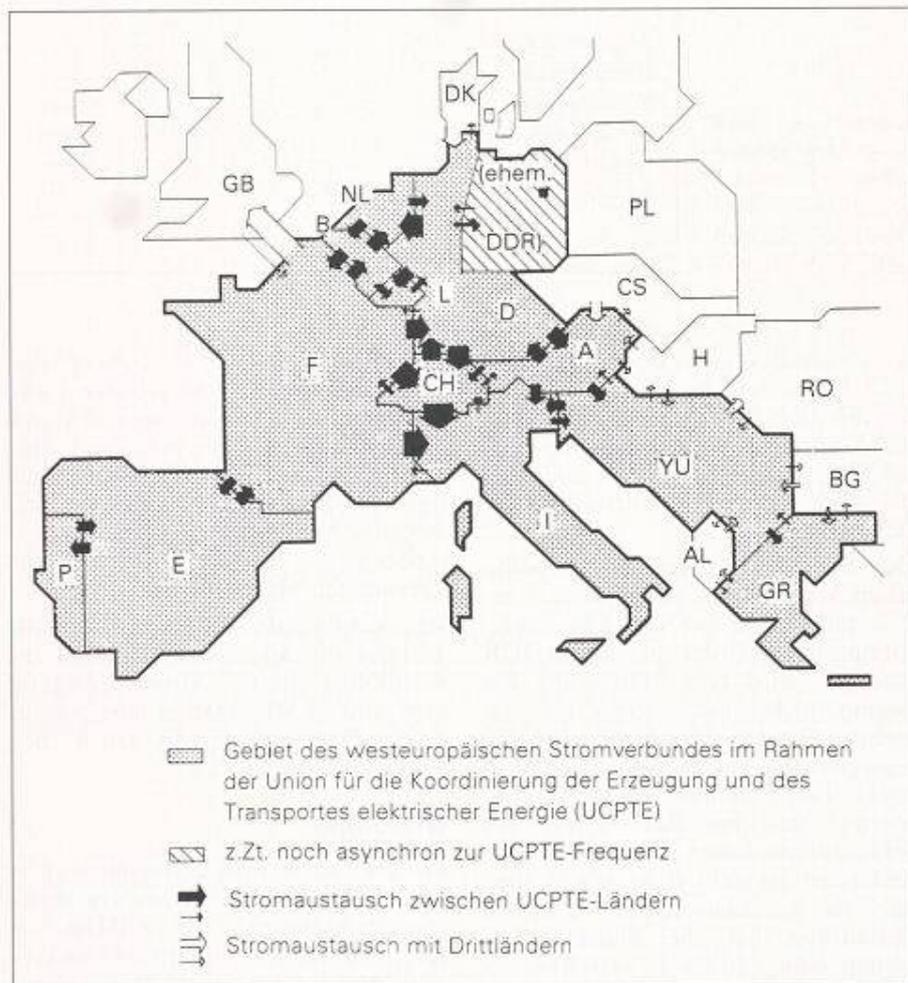


Bild 4. Europäischer Stromaustausch 1990

in verschiedene eigenständige Unternehmen überführt: Zwei Stromproduzenten, die National Power und die Power Gen, 12 selbständige regionale Versorgungsunternehmen und die National Grid Company, die das 7000 km lange Überlandnetz betreibt. Wesentliches neues Element ist ein zentraler Pool, der treuhänderisch von der Netzgesellschaft betrieben wird und als «Marktersatz» dient. Umfang und Dauer der einzelnen Kraftwerkseinsätze werden entsprechend der im Pool angebotenen Preise bestimmt.

Die britische Regierung strebt mit der Privatstruktur der Elektrizitätswirtschaft mehr Wettbewerb und Effizienzsteigerungen an. Ob dieses Ziel erreicht wird und die Versorgungsaufgaben besser gelöst sowie die energiepolitischen Ziele Versorgungssicherheit, Preisgünstigkeit und Umweltverträglichkeit in einem höheren Masse verwirklicht werden können, muss sich in der Zukunft erst noch zeigen.

### Frankreich

Frankreich hat in den 80er Jahren ein gewaltiges Bauprogramm an Kernkraftwerken realisiert und ist mit einem Kernenergieanteil von rund 75% weltweit führend bei der Kernkraftnutzung.

Die staatliche französische Elektrizitätsgesellschaft EDF ist gegenwärtig in der Lage, in grossem Umfang Strom in die europäischen Nachbarländer zu exportieren. Italien und Grossbritannien sind derzeit die hauptsächlichen Importländer; steigende Bezüge planen auch die Schweiz und Deutschland. Wenngleich Frankreich seine Ausbaupläne deutlich nach unten korrigiert hat, so ist dennoch zu erwarten, dass Frankreich bis zum Jahr 2000 theoretisch in der Lage wäre, sein gegenwärtiges Exportvolumen von rund 50 Mia. kWh, entsprechend 13% der heutigen Gesamterzeugung, zu verdoppeln. Ziel der EDF ist es, ihre starke Stellung im Strommarkt Europas zu sichern und darüber hinaus auch in den Bereichen Consulting und Kooperationen im Energiesektor, z.B. in den osteuropäischen Ländern, präsent zu sein.

### Italien

Italien betreibt wie Österreich keine Kernkraftwerke. Dementsprechend hoch sind der Ölanteil bei der Stromerzeugung mit rund 48% und der Importbedarf. Gegenwärtig deckt Italien annähernd 15% seines Strombedarfs aus Importen vornehmlich aus Frankreich,

aber auch aus unserem Land und aus Deutschland.

Der weiter wachsende Strombedarf stellt die italienische Elektrizitätsversorgungsgesellschaft ENEL vor wachsende Strombeschaffungsprobleme. Für die Zukunft sind Neubauten von überwiegend kohle- und erdgasgefeuerten Kraftwerken geplant. Daneben soll die Eigenerzeugung in der Industrie verstärkt werden. Wie auch in anderen Ländern existieren in Italien erhebliche Widerstände gegen die Realisierung neuer Anlagen. Italien wird somit auch in den nächsten Jahren ein Stromimportland bleiben.

### Ausblick

Die Entwicklung der europäischen Elektrizitätswirtschaft wird in der nahen Zukunft von der weiteren Sicherstellung einer zuverlässigen Versorgung der Verbraucher, aber auch von den aktuellen Themen Energiedienstleistungen und Europäischer Binnenmarkt bestimmt werden. Die Komplexität der Stromversorgung von der Brennstoffbeschaffung über die Bewältigung der Umweltprobleme bis hin zur effizienten und marktorientierten Anwendung sowie ihre Einbettung in die globale Energiewirtschaft erfordern, dass die Elektrizitätswerke zunehmend Anbieter umfangreicher Energiedienstleistungen werden. Gefragt sind unter anderem Beratungstätigkeiten, die über die reine Anwendungsberatung hinausgehen und das Gesamtsystem der Energieversorgung beim einzelnen Verbraucher, sei es der einzelne Haushalt oder der industrielle Grossverbraucher, unter Berücksichtigung übergeordneter Gegebenheiten umfassen. Der Erfolg solcher Massnahmen wird mitentscheidend dafür sein, ob zukünftig nennenswerte Stromsparmöglichkeiten tatsächlich erschlossen werden.

In der Europäischen Gemeinschaft soll der Binnenmarkt auch im Stromsektor verstärkt realisiert werden. Bereits Mitte 1991 ist die sogenannte Transitdirektive in Kraft getreten, die den Transit von Strom und Gas zwischen nicht benachbarten Verbundpartnern regelt. Im Januar dieses Jahres wurde ein Vorschlag für eine weitere Direktive zum Strom-Binnenmarkt veröffentlicht. Grossen Einzelverbrauchern, deren jährlicher Strombedarf 100 Mio. kWh überschreitet, sowie Stromverteilungsunternehmen mit Anteilen von mehr als 3% am jeweiligen Landes-Stromverbrauch soll der Zugang zum Verbundnetz ermöglicht werden. Dieses Prinzip ist als «Third Party Access» (TPA) bekannt und wird schätzungsweise 400 bis 500 Industriebetriebe in der EG sowie

ca. 100 Stromverteiler betreffen. Weiterhin soll die Preistransparenz im Elektrizitätsgeschäft durch Entflechtung (Unbundling) von «vertikal» integrierten Elektrizitätsgesellschaften erhöht werden. Dies bedeutet, dass Unternehmen die in der Produktion, dem Transport und der Verteilung von elektrischer Energie tätig sind, diese Bereiche in separate Management- und Rechnungseinheiten aufzuteilen haben.

Ob die hohe Versorgungsqualität angesichts dieser Entwicklungen aufrechterhalten werden kann und sich für den einzelnen Verbraucher langfristig tatsächlich zusätzliche Vorteile ergeben werden, ist gegenwärtig unsicher. Die Elektrizität weist infolge der Leitunggebundenheit und Nichtspeicherbarkeit erhebliche Besonderheiten im Vergleich zu anderen Handelsgütern auf. Darüber hinaus hat sich das seit den 50er Jahren bestehende westeuropäische Stromverbundsystem ohne überstaatlichen Dirigismus bestens bewährt.

Heute existiert zwischen den Verbundunternehmen von 12 europäischen Ländern im Rahmen der UCPTE (Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité) ein reger Stromaustausch (Bild 4). Er basiert auf der Eigenverantwortung jedes einzelnen Partners für sein Versorgungsgebiet und hat bisher die Hauptaufgaben, elektrische Energie über die Grenzen hinweg bestmöglich auszunutzen und durch gegenseitige Hilfe in Störungsfällen die Versorgungszuverlässigkeit zu erhöhen, voll erfüllt. Der internationale Stromaustausch hat unter diesen Randbedingungen in den letzten 40 Jahren nicht nur einen bedeutsamen Aufschwung erlebt, sondern bereits heute zu einem weitgehend liberalisierten und auf Verbundebene marktwirtschaftlichen Stromhandel geführt.

Das Prinzip der eigenen Verantwortlichkeit jedes Landes für seine Stromversorgung und jedes Elektrizitätswerkes für sein Versorgungsgebiet wird

#### SIA/GII Regionalgruppe Zürich

Leicht überarbeitete Fassung des Referates, gehalten anlässlich des 22. Weiterbildungskurses «Probleme unserer künftigen Energieversorgung», Vortragsabend 13. Febr. 1992.

auch in Zukunft von grösster Bedeutung sein. Viele Probleme und offene Fragen in den einzelnen Ländern wären gelöst, wenn in genügendem Masse eigene Produktions- und Übertragungsanlagen unter bestmöglicher Wahrnehmung des Umweltschutzes verfügbar wären. Dies wird auch weiterhin für die Schweiz gelten, wenn sie die ihr aus der geographischen Lage und der Wirtschaftskraft erwachsende Rolle innerhalb Europas weiter spielen möchte.

Adresse der Verfasser: *Marc Légeret*, dipl. El. Ing., ETH, Direktor der Aare-Tessin AG für Elektrizität (ATEL), Bahnhofquai 12, 4600 Olten, und *Thomas Tillwicks*, Dipl.-Ing., Aare-Tessin AG für Elektrizität (ATEL), Bahnhofquai 12, 4600 Olten.

## Energieplanung der Stadt Zürich

### Grundlagen und Handlungsspielraum

**Zur laufenden Energieplanung der Stadt Zürich gehören Untersuchungen über die Trendentwicklung des Energieverbrauchs, die möglichen Massnahmen zur Wärmeeinsparung, die langfristige Sicherstellung der Stromversorgung, das Potential an erneuerbaren Ressourcen sowie der Energieverbrauch im Verkehr. Die Resultate entsprechender Studien – hier kurz dargestellt – werden nachfolgend zu einem Gesamtbild für die Stadt zusammengefasst. Dieses wird einerseits für den Trend und andererseits bei voller Ausschöpfung der Spar- und Substitutionsmöglichkeiten dargestellt. Je nach politischem Willen für eine aktive Energiepolitik bei Bund, Kanton und Stadt, wird die tatsächliche Entwicklung näher bei der einen oder bei der andern dieser Extremvarianten liegen.**

#### Ungestörte Entwicklung des Energieverbrauchs in Gebäuden

Unter «ungestörter Entwicklung» verstehen wir eine Fortsetzung der heute erkennbaren Tendenzen beim Energie-

VON MARTIN LENZLINGER,  
ZÜRICH

verbrauch in Gebäuden, eine Stadtentwicklung ohne wesentliche Störungen und das Ausbleiben unerwarteter Energiepreisentwicklungen. Dabei wird

auch vorausgesetzt, dass gegenüber dem Stand 1988 keine zusätzlichen behördlichen Eingriffe den Energieverbrauch beeinflussen. Der Energieverbrauch in Gebäuden wurde in dieser Studie [1] abgeschätzt, indem Energiekennzahlen mit Energiebezugsflächen multipliziert wurden. Dabei mussten einerseits Annahmen über die Energiekennzahlen, differenziert nach Verwendungszweck und Verbrauchssektoren, und andererseits Annahmen über die Entwicklung der Bruttogeschossflächen getroffen werden. Bei den Energiekennzahlen konnte man sich dabei auf die Werte heutiger Neu- und Um-

bauten und auf die Grenz- und Zielwerte der SIA-Empfehlung 380/1 stützen. Die Umbautätigkeit wurde mit einem bezüglich Umbauintensität und -zeitpunkt differenzierten Modell berücksichtigt. Bei der Entwicklung der Bruttogeschossflächen stützten wir uns auf Angaben des Stadtplanungs- und des Hochbauamtes.

Die wesentlichsten Resultate dieser Studie sind in den Bildern 1 und 2 aufgezeigt. Auffallend ist, dass der Wärmeverbrauch, insbesondere derjenige für Raumwärme, in Zukunft abnehmen wird. Die Auswirkungen der Energiesparmassnahmen bei Neu- und Umbauten erweisen sich als stärker als die Zunahme der Bruttogeschossfläche (angenommene Zunahme zwischen 1990 und 2010: 12.5%). Stark zunehmend sind die Elektrizitätsanwendungen für stationäre Motoren, Licht und Kommunikation. Die leichte Zunahme des Gesamtenergieverbrauchs in Gebäuden beruht auf einer starken Zunahme bei den Dienstleistungen und leichten Abnahmen beim Wohnen und der Industrie.

#### Massnahmen zur Wärmeeinsparung

Aufbauend auf dem für die ungestörte Entwicklung verwendeten Modell wurde in dieser Studie [2] untersucht,