Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 74 (1983)

Heft: 6

Artikel: Die schweizerische Elektrizitätsversorgung im Wandel der Zeiten

Autor: Leuthold, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904778

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: 09.12.2025

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

Die schweizerische Elektrizitätsversorgung im Wandel der Zeiten

H. Leuthold

Am 3. November 1982 hielt Prof. H. Leuthold, langjähriger Vorsteher des Institutes für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft an der Eidg. Technischen Hochschule Zürich, seine Abschiedsvorlesung, in der er die Entwicklung der schweizerischen Elektrizitätsversorgung seit ihren Anfängen skizzierte. Einige in den Text eingefügte Tabellen geben die im Referat angeführten Daten in detaillierter Weise an.

Le professeur H. Leuthold, qui fut durant de longues années à la tête de l'Institut pour les installations électriques et l'économie d'énergie de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich, a présenté le 3 novembre 1982 sa dernière leçon. A cette occasion il a brièvement esquissé le développement de l'approvisionnement en électricité de la Suisse depuis ses débuts. Quelques tableaux insérés dans le texte détaillent les données mentionnées dans l'exposé.

Adresse des Autors
Prof. *Heinrich Leuthold*, dipl. Ing., Turmstrasse 37, 8400 Winterthur

1. Die technischen Voraussetzungen zum Beginn der allgemeinen Elektrizitätsversorgung

Der Weg zur allgemeinen Elektrizitätsversorgung begann an jenem Oktobertag des Jahres 1879 – also vor 103 Jahren –, an dem Thomas Alva Edison einen Kohlefaden in einem evakuierten Glaskolben über 40 Stunden zum Glühen brachte, und an jenem Dezembertag des gleichen Jahres, an dem er eine Beleuchtungsanlage mit einigen Hundert seiner Kohlefadenlampen im Menlo-Park in New York öffentlich vorführen konnte.

Zu diesem von der ganzen Welt bestaunten Erfolg hatte das schon früher entdeckte dynamo-elektrische Prinzip bei der Gleichstromerzeugung beigetragen, das mit der Regulierung der Erregung im Nebenschluss erlaubte, bei konstanter Spannung viele Glühlampen parallel zu schalten.

Mit der ersten brauchbaren und fabrikationsreifen Glühlampe zusammen mit der Anwendung des dynamoelektrischen Prinzips war der Einzug der Elektrizität bis in die Wohnräume eingeleitet worden.

So entstanden bald zahlreiche Produktions- und Verteilanlagen mit kleinen und kleinsten Leistungen – vornehmlich für Beleuchtungszwecke –, deren Reichweite durch den geringen Aktionsradius mit den damals bekannten niedrigen Gleichspannungen eng begrenzt war.

Wie bescheiden die Leistungen dieser Werke waren, zeigt eine Statistik aus dem Jahre 1895, nach der in unserem ganzen Land 770 Einzelanlagen für eigene Zwecke mit einer totalen Generatorleistung von 9000 kW und 100 sogenannte «Centralbeleuchtungsanlagen» für Abgabe an Dritte mit einer gesamten Leistung von 20 000 kW vorhanden waren. Die Energieerzeugung dieser Werke betrug etwa 40 Mio kWh, entsprechend einem Verbrauch von nicht einmal 15 kWh pro Einwohner.

Die Kohlefadenlampe Edisons hatte den Impuls für den Beginn der Elektrizitätsversorgung gegeben, entscheidend für ihren Aufstieg aber wurde erst die Drehstromkraftübertragung, die im Jahre 1891 durch schweizerische und deutsche Firmen verwirklicht worden war; sie schuf die technische Grundlage, die natürliche Rohenergie unserer Wasserkräfte an günstig gelegenen Punkten in elektrische Energie umzuwandeln und über Transformatoren und Leitungen auf weite Distanzen fernabgelegenen Verbrauchszentren nutzbar zu machen.

Gleichzeitig mit diesem wichtigen Schritt in der Erzeugung und Fortleitung eröffneten sich durch den betrieblich so einfachen Drehstrommotor weite Anwendungsgebiete der Elektrizität für mannigfache gewerbliche und industrielle Zwecke, nachdem sich der Gleichstrommotor wegen seines für damalige Verhältnisse zu komplizierten Betriebes nicht hatte durchsetzen können.

2. Die Bildung der Elektrizitätswerke

Schon in der Gleichspannungsära hatten sich in Städten und grösseren Ortschaften mit ihren guten Absatzerwartungen auf engem Raum sowie in solchen Gemeinden, die an günstig ausnutzbaren Wasserkräften lagen, teils private, teils auch schon kommunale Werke zur Elektrifizierung gebildet.

Nach dem Aufkommen des Drehstromes begannen zunächst private Unternehmen mit dem Bau von Kraftwerken und Hochspannungsverteilnetzen, wobei ihnen unumstrittene Verdienste für die Pioniertätigkeit gebühren, die in den Anfängen mit besonders grossen technischen und finanziellen Risiken verbunden war. Da sie wegen der hohen Kapitalintensität

der Versorgungsanlagen bei unsicherer Konsumentwicklung zu vorsichtiger Kalkulation gezwungen waren, bevorzugten sie zunächst industrie- und gewerbereiche Gegenden, die eine rasche Ausweitung des Energieabsatzes versprachen.

Mit zunehmender Erkenntnis der Vorteile einer Elektrifizierung wuchs auch das allgemeine Interesse der unerschlossen gebliebenen Landgebiete und führte in vielen Kantonen zur gesetzlichen Gründung staatlicher Elektrizitätswerke, die teils die Produktion und Verteilung in ihrem Versorgungsgebiet an die ihnen angeschlossenen Gemeinden oder bis zum Konsumenten übernahmen, teils auch die Produktion grösseren privaten oder interkantonalen Gesellschaften überliessen und sich mit der Verteilung innerhalb ihres Gebietes begnügten.

Im wesentlichen war die Bildung der Organisationsformen bis zum Beginn des Ersten Weltkrieges abgeschlossen, so dass seitdem analog dem föderalistischen Aufbau unseres Landes ein vielfarbiges Bild von privaten, kommunalen, kantonalen und gemischtwirtschaftlichen Unternehmen besteht. Im weiteren Verlauf entstanden für den Ausbau grosser Kraftwerke und bedeutender Übertragungsanlagen Partner- und Gemeinschaftswerke, bei denen die einzelnen Unternehmen ihre Selbständigkeit wahrten, das Risiko hoher Investitionen aber teilten.

3. Die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauches von 1915 bis 1935

Ein Rückblick auf die Elektrizitätsversorgung im ersten Dezennium nach der Jahrhundertwende lässt erkennen, dass der Konsum elektrischer Energie eine stetige, aber keineswegs stürmische Entwicklung nahm, da zunächst die Absatzgebiete durch den Ausbau von Übertragungs- und Verteilnetzen erschlossen werden mussten.

Da ferner die Produzenten und Verteiler elektrischer Energie in ihren Absatzgebieten, die sie schon früh im Hinblick auf die hohe Kapitalintensität ihrer Anlagen abstecken mussten, wohl ein Elektrizitätsliefermonopol, aber kein Energieliefermonopol besitzen, ist das jeweilige Angebot an festen, flüssigen und gasförmigen Energieträgern auf dem Markt wesentlich mitbestimmend für die Entwicklung des elektrischen Energiebedarfes.

Elektrizitätsbilanz der Schweiz Tabelle I

Kalenderjahr	Hydraulische Kraftwerke	Thermische Kraftwerke		Inlanderzeugung	Verbrauch der Pumpen	Übertragungsverluste	Einfuhrüberschuss + Ausfuhrüberschuss –			Endenergie
		mit fossilen Brennstoffen	mit nuklearen Spaltstoffen	Total			Jahr	So-Monate	Wi-Monate	
	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh
1895	40			40						40
1915	2 070			2 070		340	– 100			1 630
1935	5 660	30		5 690	50	610	– 1 350	– 780	– 570	3 680
1955	15 260	130		15 390	140	1 730	– 1 120	–1 260	+ 140	12 400
1960	20 500	170		20 670	250	2 020	– 2 520	–2 280	– 240	15 890
1965	24 800	490		25 290	500	2 290	– 2 280	–2 600	+ 320	20 220
1970	31 270	1 760	1 850	34 880	960	2 810	– 6 020	–4 880	–1 140	25 090
1975	33 970	1 630	7 390	42 990	1 200	3 170	– 9 720	–7 610	–2 110	28 900
1980	33 540	960	13 660	48 160	1 530	3 200	– 8 180	–6 050	–2 130	35 250
1981	36 100	950	14 460	51 510	1 400	3 210	–10 710	–8 170	–2 540	36 190

Vor dem Ersten Weltkrieg lagen die Kohlepreise infolge des Wettbewerbes der britischen und deutschen Gruben auf dem schweizerischen Markt so niedrig, dass die festen Brennstoffe – neben Kohle auch Koks und Holz – mit 95,6% und das Gas mit 3,8% den Nutzenergieverbrauch für Wärme völlig beherrschten.

Die Elektrizität – bis 1915 im Endenergiebedarf auf 42 kWh pro Kopf der Bevölkerung, d.h. auf 5% des gesamten Endenergiebedarfes gestiegen – deckte den Lichtbedarf, aus dem die Gasbeleuchtung weitgehend verdrängt war, und den zunehmenden Bedarf für motorische Zwecke in Gewerbe, Industrie und Traktion und für chemische und metallurgische Anwendungen. In den Haushalten waren neben der elektrischen Beleuchtung nur wenige Kleinapparate für Wärmeanwendungen zu finden.

Wegen der Verknappung und Verteuerung der importierten Kohle im Laufe des Krieges verstärkte sich die Nachfrage nach der elektrischen Energie – insbesondere für Wärmezwecke –, konnte aber wegen Personal- und Materialmangel nur zum geringen Teil erfüllt werden; in der Nachkriegszeit fiel sie mit der Normalisierung der Brennstoffimporte zunächst zurück, stieg dann aber je nach dem Wechsel von Konjunktur- und Depressionsperioden in den zwanziger Jahren unterschiedlich, aber laufend an, bis sie mit dem Beginn der langanhaltenden und tiefeinschneidenden Weltwirtschaftskrise, auf deren Höhepunkt 1935 im Jahresdurchschnitt über 80000 Stellensuchende gezählt wurden, in erheblichem Masse zurückging.

In diesem Jahr – also 1935 – deckte die Elektrizität mit 884 kWh/E etwa 10% der gesamten Endenergie, die den Verbrauchern zugeführt wird. Auf dem Wärmemarkt dominieren mit etwa 86% des Nutzenergieverbrauches die festen Brennstoffe und Gas, während auf Heizöle für damals industrielle Zwecke 8% entfallen und auf die Elektrizität etwa 6%. Im Vergleich zu 1915 hat sich die Abgabe elektrischer Energie für mechanische Zwecke verdoppelt und für chemische Zwecke kaum verändert.

4. Der Ausbau der Wasserkraftwerke bis Mitte der dreissiger Jahre

Zum Ausbau der Kraftwerke und Netze bis zu dieser Zeit soll zunächst bemerkt werden, dass seit dem Beginn der Elektrifizierung bald die aufblühende Maschinen-, Elektro- und Bauindustrie durch Verbesserung der Baumethoden, durch Vergrösserung der Leistungseinheiten für Turbinen, Generatoren und Transformatoren, durch Erhöhung der Übertragungsspannungen, durch die Fortschritte im Bau der Schalt- und Messapparate, die Entwicklung der Regulier- und Schutzeinrichtungen und durch Erweiterung der Verwendungsmöglichkeiten mit mannigfachen Verbrauchsgeräten einen wesentlichen Beitrag zu einer leistungsfähigen, betriebssicheren und wirtschaftlichen Produktion, Übertragung und Anwendung der elektrischen Energie geleistet haben.

Es wäre gewiss ein reizvolles und interessantes Unterfangen, die technischen Entwicklungsstadien in den vergangenen Jahrzehnten im einzelnen zu verfolgen, es können jedoch hier nur einige wenige Marksteine angedeutet werden:

Die Entwicklung der grösseren Laufkraftwerke, in denen die anfallende Wasserenergie «laufend» verwertet wird, kann durch die Inbetriebnahme des Kraftwerkes Beznau mit einem Stauwehr in der Aare im Jahre 1902, des Kraftwerkes Gösgen ebenfalls in der Aare im Jahre 1917 und des Kraftwerkes Ryburg-Schwörstadt im Rhein im Jahre 1932 gekennzeichnet werden; waren es bei Beznau im ursprünglichen Ausbau noch elf Francisturbinen mit einer Leistung von je 900 kW und bei Gösgen 6 des gleichen Typs mit einer Leistung von je 9500 kW, konnte man in Ryburg-Schwörstadt schon vier Kaplanturbinen mit einer Leistung von je 26 500 kW installieren, die nun das Feld in allen weiteren Ausbauten von Wasserkräften mit niedrigem Gefälle und grossen Wassermengen beherrschten.

Ryburg-Schwörstadt soll zugleich als Grenzkraftwerk mit inländischen und ausländischen Partnern, in dem durch Abtausch von Wasserzuflüssen oder ganzer Aggregate ein Energieimport oder -export ohne elektrische Parallelschaltung der Netze vorgenommen werden konnte, erwähnt werden.

Da auf der einen Seite das Energiedargebot nach dem typisch glazialen und alpinen Regime unserer Wasserläufe durch hohe Abflussmengen im Sommer und niedrige im Winter charakterisiert ist, auf der anderen Seite die Energienachfrage gegensätzliche Tendenz aufweist, wurde schon früh versucht, die Laufkraftwerke mit Speicherkraftwerken zu ergänzen.

Als klassisches Beispiel für eine Kombination dieser Werktypen gilt das Löntschwerk mit seinem Speicher im Klöntal, das im Jahre 1908 mit sechs Peltonturbinen mit einer Leistung von je 4500 kW in Betrieb kam und wenige Jahre darauf um zwei Gruppen mit je 10 000 kW erweitert wurde.

Als weiteres Beispiel in der Reihe der Akkumulierwerke soll das 1924 in Betrieb gesetzte Kraftwerk Wäggital mit seinen zwei Stufen zwischen dem Stausee Innertal, dem Ausgleichsbekken Rempen und dem Zürichsee und mit seinen je vier Turbinen mit Leistungen von je 12 000 kW bzw. 14 000 kW in den Zentralen Rempen und Siebnen angeführt werden; bemerkenswert ist hier der wohl erstmalige Einbau von Pumpen, mit denen Wasser in Schwachlastzeiten des normalen Energiekonsumes in höher gelegene Speicherbecken gefördert wird, das dann wieder zur Erzeugung von Spitzenlast in den täglichen Hochlastzeiten genutzt werden kann.

Ausbauleistung der Kraftwerke Tabelle II

Jahr	Hydraulische Kraftwerke: Laufwerke MW	Speicherwerke MW	Total MW	Speichervermögen GWh	Thermische Kraftwerke: mit fossilen Brennstoffen MW	mit nuklearen Spaltstoffen MW
1895	30		30			
1915	550	40	590	80	60	
1935	1 340	500	1 840	850	200	
1955	1 630	1 800	3 430	2 130	260	
1960	2 040	3 500	5 540	4 070	260	
1965	2 190	5 860	8 050	6 170	410	
1970	2 530	6 800	9 630	7 810	560	350
1975	3 010	7 400	10 410	8 220	600	1020
1980	3 420	8 030	11 450	8 290	600	1940
1981	3 430	8 030	11 460	8 290	600	1940

Welchen Fortschritt der Kraftwerkbau in der hier betrachteten Zeit bis Mitte der dreissiger Jahre erreicht hat, ist an den Inbetriebnahmen des Kraftwerkes Handeck I mit vier Freistrahlturbinen von je 22 000 kW Leistung bei einem Gefälle von etwa 600 m im Jahre 1932 und des Kraftwerkes Chandoline-Dixence mit drei Turbinen von je 37 000 kW Leistung bei einem Gefälle von etwa 1600 m im Jahre 1935 erkennbar.

Wie diese ausgewählten Beispiele zeigen, entfernte sich die Nutzung der Wasserkräfte fortlaufend weiter von den Konsumschwerpunkten; so mussten zur Übertragung der grösseren Leistungen auf grössere Distanzen höhere Spannungen mit den entsprechenden Unterwerken bereitgestellt und zum Ausgleich des unterschiedlichen Dargebotes an Lauf- und Speicherenergie im Ablauf des Jahres ein Verbundnetz ausgebildet werden. Während um 1900 als höchste Betriebsspannung 25 kV und um 1910 50 kV genügten, entstanden um 1925 die ersten 150-kV-Netze.

5. Produktionspotential und Konsum von der Weltwirtschaftskrise bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges

Die oben erwähnte Zunahme der Nachfrage nach elektrischer Energie in den zwanziger Jahren hatte zu einer optimistischen Beurteilung der Weiterentwicklung und damit zum Ausbau der Wasserkraftwerke Anlass gegeben. Als die grösseren Anlagen nach einer Bauzeit von vier bis fünf Jahren in Betrieb kamen, hatte die Weltwirtschaftskrise bereits eingesetzt. So stand Anfang der dreissiger Jahre eine Produktionsmöglichkeit zur Verfügung, die weit über den Inlandbedarf hinausging.

Dem mit fortschreitender Krise sinkenden Bedarf der Industrie, der mit einem erheblichen Einnahmenausfall verbunden war, suchten die Elektrizitätswerke durch Gewinnung neuer Anwendungen zu begegnen und forcierten dabei insbesondere die Wärmeverwendungen in Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft. Das Ziel, die verfügbare Wasserkraftproduktion mit ihrer festen Kostenstruktur weitgehend auszunutzen, konnte dabei nur durch ein Tarifangebot erreicht werden, das bestimmt wurde durch die vergleichsweisen Preise der auf dem Markt mit hohem Angebot vorhandenen Substitutionsgüter.

Trotz aller Anstrengungen, die mit einem sehr harten Kampf im Wettbewerb gegen Kohle und Gas verbunden waren, blieb der Erfolg für die Einführung von Kochherden, Heisswasserspeichern und thermischen Kleinapparaten in Haushalt und Gewerbe sowie von Elektrokesseln für grosse Wärmeabnehmer zunächst gering, bis im Laufe des Zweiten Weltkrieges unter dem Einfluss der einschneidenden Gas- und Brennstoffrationierung eine überaus starke Zunahme in Erscheinung trat, die nach Kriegsende noch weiter anhielt.

Da der Inlandbedarf in den Jahren bis 1940 nur zögernd anstieg, wurden zur Verwertung der Überschüsse der technisch möglichen Produktion der vorhandenen Wasserkräfte erhebliche Energiemengen in das benachbarte Ausland exportiert, trotzdem mussten bedeutende Quoten ungenutzt am Ende der Winterhalbjahre in den Speicherbecken liegenbleiben oder in

den Sommerhalbjahren über die Wehre der Werke abfliessen.

In der Reduktion der Energieexporte und in dem Abbau der bisher nicht verwertbaren Überschüsse lag die Reserve, die in der Kriegszeit dem steil ansteigenden Inlandbedarf zur Verfügung stand.

Ihre Bedeutung behielt diese Reserve bis in das Jahr 1950, in dem wieder ein nennenswerter Zuwachs an hydraulischer Energieproduktion zu verzeichnen war, nachdem während der Krise aus begreiflichen Gründen und während der Kriegszeit aus Materialmangel der Kraftwerkbau nur langsam fortgeschritten war.

6. Der Ausbau der Wasserkraftwerke und der Gasturbinenkraftwerke Beznau und Weinfelden bis Mitte der fünfziger Jahre

Inzwischen hatten sich die schon ausgereiften Projekte für die beiden überaus grossen Kraftwerke mit Staubecken im Urserental und im Rheinwald als nicht durchführbar erwiesen; sie waren am Widerstand insbesondere der Bevölkerung der betroffenen Gemeinden, die unter den Wassermengen verschwunden wären, gescheitert.

Um den Energie- und Leistungsmangel, der in den Wintermonaten mit ungünstiger Wasserführung während der Kriegs- und Nachkriegsjahre zu behördlichen Einschränkungen des Elektrizitätsbezuges geführt hatte, möglichst rasch beheben zu können, entschlossen sich die Nordostschweizerischen Kraftwerke als erstes Unternehmen in den Jahren 1946 und 1947 zum Bau der beiden thermischen Zentralen Beznau und Weinfelden und wählten unter den Möglichkeiten, die für Wärmekraftwerke dazumal bestanden, Gasturbinenanlagen mit Leistungen von 40 000 kW bzw. 20 000 kW, nicht zuletzt aus dem Grunde, um der einheimischen Maschinenindustrie, die einen offensichtlichen Vorsprung in der Entwicklung von stationären Werken dieser Art erreicht hatte, Gelegenheit zu geben, sie in Erstausführungen im Inland zu erproben.

Während die Gasturbinenwerke nach einer kurzen Bauzeit von etwa zwei Jahren in Betrieb kamen, brauchte die Fertigstellung der hydraulischen Werke, deren Bau nach Kriegsende beschlossen wurde, vier bis fünf Jahre, wie oben erwähnt. In den zehn Jahren

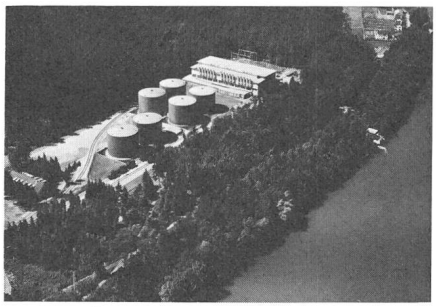

Fig. 1 Ölgefeuertes Gasturbinen-Kraftwerk Beznau

bis 1955 kamen eine Reihe von Werken in Betrieb, u. a. die Laufkraftwerke Rupperswil-Auenstein, Lavey, Wildegg-Brugg, Birsfelden und Rheinau sowie die Speicherkraftwerke Lucendro, Rabiusa-Realta, Handeck II, Calancasca, Innertkirchen und die Maggia-Kraftwerke. Für die Übertragung der in diesen Werken produzierten Energie mit hohen Leistungen musste dem bisherigen 150-kV-Netz ein Leitungssystem mit einer Betriebsspannung von 220 kV überlagert werden.

Wenn wie bisher die Entwicklung in Abständen von 20 Jahren zusammengefasst wird, so war von 1935 bis 1955 die Ausbauleistung der hydraulischen Kraftwerke auf 3400 MW und ihre mittlere jährliche Produktionsmöglichkeit auf 16 Mia kWh mit 44% im Winterhalbjahr und 56% im Sommerhalbjahr gestiegen und damit etwa verdoppelt worden.

Für die Elektrizitätserzeugung in thermischen Kraftwerken stand mit den beiden erwähnten Gasturbinenanlagen und einigen kleineren Dampfturbinen- und Dieselanlagen eine Leistung von etwa 260 MW zur Verfügung.

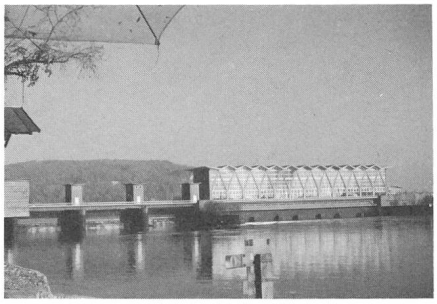

Fig. 2 Laufkraftwerk Birsfelden

7. Die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauches von 1935 bis 1955

Die Konsumenten bezogen im Jahre 1955 über ihre Zähler im Vergleich zu 1935 das etwa 3,4fache an elektrischer Energie, entsprechend einem Verbrauch von 2490 kWh/E, von denen 42,3% mit der grössten Zunahme auf die vielen Kleinabnehmer in Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft, 47,7% auf alle industriellen Anwendungen und 10% auf die Bahnen entfielen.

Von der gesamten durch die Verbraucher beanspruchten Endenergie deckt die Elektrizität fast 20%; die festen Brennstoffe und Gas behaupten sich noch mit 45%, aber schon dringen die flüssigen Energieträger mit 15% für Treibstoffe und 20% für Heizöle vor und beginnen nun, mit niedrigen Angebotspreisen den Verkehr im Wettbewerb mit der Schiene auf die Strasse zu lenken und den Wärmemarkt im Wettbewerb zu Kohle und Gas zu erobern.

In zunehmendem Masse wurden jetzt ölgefeuerte Kessel für die Raumheizung installiert und häufig mit Warmwasserboilern kombiniert, was die Elektrizitätswerke mit einiger Sorge erfüllte, da sie damit die Nachtenergieabgabe für Heisswasserspeicher verlieren können, aber die täglichen hohen Leistungen für die Kochspitzen weiterhin aufzubringen haben.

Diese Sorge ist allerdings bei weitem überdeckt worden durch die Zunahme des Bedarfes, der bei dem langanhaltenden hohen Beschäftigungsgrad in Industrie und Baugewerbe, der Bevölkerungsvermehrung mit dem Zuzug einer grossen Anzahl ausländischer Arbeitskräfte, der fortschreitenden Mechanisierung in Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft und Haushalt auf keinem Gebiet Sättigungserscheinungen zeigte.

Neben dem besonderen Vorteil der Elektrizität für die Umwandlung in Licht, Wärme, mechanische und chemische Energie hat auch ihr Preis zur ständig steigenden Nachfrage beigetragen; dank der besseren Ausnutzung der Produktionskapazitäten der Kraftwerke und der Leistungsfähigkeit der Übertragungsnetze konnten die Tarife bis in die sechziger Jahre praktisch unverändert bleiben und stiegen erst dann mit der zunehmenden Teuerung – weit hinter dem Index der Konsumentenpreise zurückbleibend – allmählich an.

In den folgenden 20 Jahren bis 1975 wies der Endverbrauch an elektrischer Energie bei den vielen Kleinabnehmern – insbesondere beim Haushalt – mit beachtlicher Regelmässigkeit durchschnittliche jährliche Zuwachsraten von etwa 5,9%, bei den Bahnen von etwa 2,2%, bei der allgemeinen Industrie mit einigen Streuungen je nach

der wirtschaftlichen Lage von etwa 3,7%, bei der Chemie und Metallurgie von etwa 0,9% und insgesamt von etwa 4,3% auf.

8. Der Ausbau der hydraulischen Kraftwerke und des ölgefeuerten Dampfturbinenkraftwerkes Chavalon ob Vouvry bis Mitte der sechziger Jahre

In der Regel bei ihren Gründungen zur ausreichenden und sicheren Versorgung ihres Absatzgebietes vertraglich oder gesetzlich verpflichtet, forcierten nun die Unternehmen - dem Bedarf folgend und auch zuweilen nachhinkend - den Ausbau der einheimischen Wasserkräfte mit meist grossem Speichervermögen in den Gebirgskantonen Wallis, Tessin und Graubünden sowie in der Zentralschweiz.

Damals entstanden - um nur einige Namen in Erinnerung zu rufen - die Kraftwerke Mauvoisin, Grande-Dixence, Mattmark, die Bleniokraftwerke, die Bergeller Kraftwerke, die Hinterrhein- und Vorderrheinkraftwerke und das Kraftwerk Linth-Limmern, die mit mächtigen Staumauern, weitläufigen Stollensystemen und je nach Fallhöhe mit steigenden Einheitsleistungen der Francis- und Peltonturbinen bis zu 70 000 bzw. 90 000 kW und einige auch mit Pumpanlagen ausgerüstet wurden.

Mit der sukzessiven Inbetriebsetzung der Werke nahmen die Ausbauleistung und das Speichervermögen beträchtlich zu, aber viele von ihnen produzierten einen recht erheblichen Anteil an Sommerenergie, der zwar zur täglichen Spitzendeckung vorteilhaft genutzt, aber für den Winter nicht akkumuliert werden konnte.

Neben anderen Werken bilden hierbei die ausgesprochenen Saisonspeicherwerke Mauvoisin und Grande-Dixence mit installierten Leistungen von 375 bzw. 750 MW, die 80% und mehr ihrer Produktionsmöglichkeit von 800 bzw. 1600 Mio kWh im Winterhalbjahr erzeugen können, eine Ausnahme.

Im ganzen gesehen hatte sich beim weiteren Ausbau der hydraulischen Werke die vorhin erwähnte naturgegebene Aufteilung der Produktion in Jahren mit mittlerer Wasserführung auf etwa 44% im Winterhalbjahr und 56% im Sommerhalbjahr praktisch nicht verändert, aber in beiden Halbjahren hängt die effektive - tatsächliche - Produktion sehr stark vom jeweiligen Wasserdargebot ab und kann zwischen 70% in extrem trockenen und 125% in extrem nassen Perioden streuen.

Selbst bei niedrigen Abflussverhältnissen entstanden in den Sommermonaten immer über den Inlandbedarf hinausgehende Überschüsse, die dank der inzwischen erstellten 220-kV- und 380-kV-Kuppelleitungen im elektrischen Parallelbetrieb in die Nachbarländer exportiert werden konnten.

Fig. 3 Speicherkraftwerk Vorderrhein
Staumauer und Stausee Nalps

Dagegen waren in den Wintermonaten von 1955 bis 1965 die Abflussverhältnisse - mit zwei Ausnahmen - so ungünstig, und damit die hydraulische Produktion so stark reduziert, dass erhebliche Energiemengen importiert werden mussten; im aussergewöhnlich trockenen und kalten Winter 1962/63 erreichte der Einfuhrüberschuss sogar 1,9 Mia kWh und deckte etwa 20% des damaligen Inlandbedarfes.

Wenn man bedenkt, dass bei langanhaltenden Kältewellen, die sich über ganz Europa erstrecken, auch in den Nachbarländern der Bedarf an elektrischer Energie ansteigt, aber ihre Erzeugung durch das Einfrieren der Braunkohlegruben im Tagebau und der Steinkohlehalden stark behindert wird, sind die Importe nur beschränkt und nur zum teuren Preis erhältlich.

Da sich der Mangel an Winterenergie immer fühlbarer bemerkbar machte und die Chancen, die Defizite durch Importe zu decken, recht unsicher waren, begannen einige westschweizerische Unternehmen unter namhafter Beteiligung der S.A. l'Energie de l'Ouest-Suisse - der EOS - im Jahre 1963 mit der Erstellung des thermischen Kraftwerkes Chavalon ob Vouvry und setzten im Herbst 1965 die erste Einheit mit einer Leistung von 150 MW und ein Jahr darauf die zweite gleichgrosse Einheit in Betrieb, wozu das billige Heizöl Schwer aus der nahegelegenen Raffinerie du Rhône bezogen wurde.

Mit dem Bau des Kraftwerkes Chavalon hatte die schweizerische Maschinen- und Elektroindustrie erstmalig Gelegenheit erhalten, im Inland ein thermisches Kraftwerk mit den damals etwa erreichten Grenzleistungen für Kessel, Dampfturbinen und Generatoren zu liefern.

Je weiter und je rascher die Nutzung der Wasserkräfte fortschritt, um so mehr regte sich in weiten Kreisen der Bevölkerung Opposition gegen die Veränderungen der natürlichen Wasserläufe durch Stollen und des Landschaftsbildes durch Stauseen; besonders heftig reagierten Freunde des Natur- und Heimatschutzes bei der Konzessionserteilung für den Bau des Kraftwerkes Rheinau und des Spölkraftwerkes im Rahmen der Engadiner Kraftwerke, weil befürchtet wurde, dass beim ersten der Rheinfall von Neuhausen und die Rheinschleife am Kloster Rheinau und beim anderen der Nationalpark in ihren bisher unberührten Schönheiten beeinträchtigt würden.

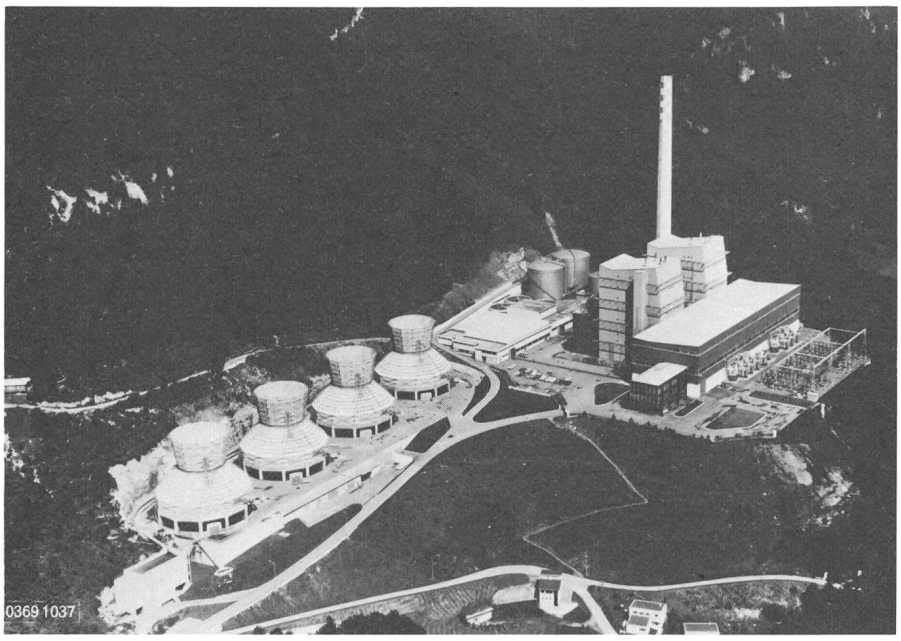

Fig. 4 Ölgefeuertes Dampfturbinen-Kraftwerk Chavalon ob Vouvry

Da es sich in beiden Fällen um die Nutzung von Gewässern handelte, die auch die Nachbarländer tangierte und dafür der Bundesrat zuständig war, wurden Volksbegehren zum Schutz der Stromlandschaft Rheinfall-Rheinau, ferner zur Erweiterung der Volksrechte bei der Erteilung von Wasserrechtskonzessionen durch den Bund eingereicht und das Staatsvertragsreferendum gegen den Spöl ergriffen.

Wenn auch diese Vorstösse in den Volksabstimmungen der Jahre 1954, 1956 und 1958 mit überwiegender Mehrheit verworfen wurden und daraufhin die sogenannte Nationalparkinitiative zurückgezogen worden war, so verstärkte sich doch in der Folge der Widerstand gegen eine Reihe von Projekten und führte zu Änderungen der Pläne, Verzögerungen des Baubeginnes und zu Verteuerungen.

Neben dem besonderen Interesse an der Nutzung der Wasserkräfte, der einzigen Rohenergiequelle unseres Landes, die gerade während der Kriegszeit ein erhebliches Mass an Unabhängigkeit gesichert hatte, war der zügige Ausbau der Werke durch die Verhältnisse auf dem Kapitalmarkt geradezu gefördert worden. Denn auf ihm konnten die bedeutenden Bauaufwendungen, die von Jahr zu Jahr einige hundert Millionen Franken bis zu einem Höchstwert von 1200 Mio Fr. erforderten, durch hohe Anleiheemissionen gedeckt werden, und zwar zu einem Zins, der von 3,5% im Jahre 1945 bis auf 2¾% im Jahre 1954 gefallen war, dann allerdings sukzessive anstieg.

Gleichzeitig mit dem steigenden Zins für Kraftwerkobligationen zogen auch die Erstellungskosten mit den zunehmenden Forderungen des Umweltschutzes und mit den der allgemeinen Teuerung folgenden Löhnen, Bau- und Materialpreisen stark an, die beide in den kapitalintensiven Gestehungskosten der hydraulisch produzierten Energie einen grossen Einfluss ausüben.

Obgleich das Wasser gratis vom Himmel geliefert wird, waren auf diese Weise bis Mitte der sechziger Jahre die jährlichen Kosten für Kapitalzins, Abschreibungen, Verwaltung und Betrieb in weiten Bereichen der Ausnutzungsdauern der installierten Leistung bei den hydraulischen Kraftwerken so hoch gestiegen, dass sie bei den damaligen niedrigen Brennstoffpreisen mit der in thermischen Kraftwerken produzierten Energie nicht mehr konkurrieren konnten.

Die höheren Gestehungskosten der hydraulischen Energieproduktion hatten sich beim Rheinkraftwerk Säckingen, das nach mehrjähriger Bauzeit im Jahre 1966 in Betrieb kam, so ungünstig ausgewirkt, dass auf die Erstellung der weiteren Stufe Koblenz-Kadelburg am Hochrhein selbst unter Inkaufnahme eines Verlustes von annähernd 20 Mio Fr., die für die Projekte, Vorarbeiten und die bereits erstellten Bauinstallationen aufgelaufen waren, verzichtet wurde. Ein ähnliches Schicksal – sei es nun Verzicht oder Aufschub auf unbestimmte Zeit – erlitten weitere unmittelbar vor Baubeginn stehende Projekte, in der Hauptsache Laufkraftwerke.

In dieser Situation war selbst die Fortführung des 1962 begonnenen Baues der Engadiner Kraftwerke, in denen wertvolle Spitzenenergie produziert wird, eine Zeitlang in Frage gestellt, bis sich die Aktionäre verpflichteten, Ausgleichsbeiträge à fonds perdu bis zum Gesamtbetrag von 110 Mio Fr. als ausserordentliche Abschreibung für Überteuerungen zu leisten.

9. Der nahende Endausbau der Wasserkraftwerke und der Übergang zu thermischen Kraftwerken

Allgemein hatte die neue Lage in der Wettbewerbsfähigkeit zwischen der hydraulischen und thermischen Erzeugung die Grenze der Nutzungswürdigkeit der Wasserkräfte, für die wenige Jahre zuvor eine Grössenordnung von 38 bis 41 Mia kWh geschätzt worden war, auf etwa 31 Mia kWh in Jahren mittlerer Abflussverhältnisse reduziert.

Bei dem sich nun abzeichnenden Endausbau der Wasserkräfte standen zunächst mit Kohle oder Öl gefeuerte Kraftwerke im Vordergrund des Interesses, um den weiterhin kräftig ansteigenden Bedarf befriedigen zu können. So tauchten in rascher Folge eine Reihe von Projekten für Werke mit zwei bis vier Einheiten von je 150 MW auf.

Schon bei dem vorhin erwähnten Kraftwerk Chavalon ob Vouvry hatten lufthygienische Forderungen zu zahlreichen Diskussionen und Projektänderungen geführt. Ideal wäre ein Standort neben der Raffinerie du Rhône gewesen, aber letzten Endes musste die Zentrale auf einem unerschlossenen Plateau 450 m über der Talsohle erstellt werden, zu dem während des Baues alle Materialtransporte über eine schmale Strasse mit vielen Kehren geführt werden mussten und nun für den Betrieb das Heizöl über eine 9 km lange Pipeline und ebenso auch das Zusatzwasser für die Rückkühlung gepumpt werden müssen.

Obwohl Dampfturbinenkraftwerke auf der Kohle- oder Ölbasis in allen Anlageteilen einen hohen Stand der Entwicklung erreicht hatten und ihr Bau praktisch kein Problem oder Risiko geboten hätte, liessen sich doch die Befürchtungen weiter Kreise vor den bei der Verbrennung fossiler Brenn-

stoffe entstehenden Abgasen – insbesondere vor ihrem Schwefeldioxydgehalt – nicht zerstreuen.

Nun hatte sich schon seit einigen Jahren als Konkurrent der klassischen Brennstoffe die Nuklearenergie angeboten, nachdem die unter den militärischen Zielen des Zweiten Weltkrieges vorangetriebene Forschung den Weg zu ihrer friedlichen Nutzung geöffnet hatte.

Dass dabei die angelsächsischen Länder, die während des Krieges ungeheure Geldmittel für die kernphysikalische Forschung aufgewandt hatten und über einen Stab von hervorragenden und erfahrenen Fachkräften verfügten, einen erheblichen Vorsprung besassen und bald «schlüsselfertige» Kernkraftwerke erstellen und anbieten konnten, ist nicht verwunderlich.

Schon früh wurde die sich anbahnende Entwicklung der friedlichen Nutzung der Kernenergie von unseren Industrie- und Elektrizitätsgesellschaften sorgfältig beobachtet, die Ausbildung und Forschung auf kernphysikalischem und kerntechnischem Gebiet intensiv betrieben und eigene Konzepte mit der Gründung der «Nationalen Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik», an der sich der Bund massgeblich beteiligte, ins Auge gefasst.

Bereits mit der Volksabstimmung vom 24. November 1957 wurde durch einen Verfassungsartikel dem Bund die Kompetenz erteilt, die Entwicklung der Kernenergie zu regeln und zu kontrollieren und bald darauf im Jahre 1959 das «Bundesgesetz für die friedliche Verwendung der Atomenergie und den Strahlenschutz» erlassen.

Mit diesem Gesetz und den folgenden Verordnungen war das Vertrauen der Bevölkerung in die Kernenergie als eine saubere, umweltfreundliche und sichere Energie gestärkt; weite Kreise – darunter auch die Bundesbehörden – begrüssten ihre Nutzung und wünschten den direkten Übergang von der hydraulischen zur nuklearen Elektrizitätserzeugung.

Endverbrauch an elektrischer Energie — Tabelle IIIa

Kalenderjahr	Haushalt Gewerbe Landwirtschaft Dienstleistungen GWh	Allgemeine Industrie und Elektrokessel GWh	Elektrochemie und Elektrometallurgie GWh	Industrie Total GWh	Verkehr Transport GWh	Endenergie GWh
1895						40
1915	260	480	800	1 280	90	1 630
1935	1 240	1 030	780	1 810	630	3 680
1955	5 250	3 070	2 850	5 920	1 230	12 400
1960	7 470	3 510	3 460	6 970	1 450	15 890
1965	9 980	4 490	4 070	8 560	1 680	20 220
1970	12 720	5 910	4 440	10 350	2 010	25 090
1975	16 580	6 290	4 140	10 430	1 890	28 900
1980	21 270	7 380	4 520	11 900	2 090	35 250
1981	22 020	7 500	4 570	12 070	2 100	36 190

Durchschnittliche jährliche Zuwachsraten des Endverbrauchs — Tabelle IIIb

	%	%	%	%	%	%
1895–1915						20,4
1915–1935	8,1	3,9	-0,1	1,7	10,2	4,2
1935–1955	7,5	5,6	6,7	6,1	3,4	6,3
1955–1960	7,3	2,7	4,0	3,3	3,3	5,1
1960–1965	6,0	5,0	3,3	4,2	3,0	4,9
1965–1970	5,9 / 5,0	3,7 / 5,6	0,9 / 1,8	2,9 / 3,9	2,2 / 3,7	4,3 / 4,4
1970–1975	5,4	1,3	-1,4	0,2	-1,2	2,9
1975–1980	5,1	3,2	1,8	2,7	2,0	4,1
1980–1981	4,8	2,7	1,7	2,5	1,8	3,8

10. Der Ausbau der Kernkraftwerke Beznau I und II und Mühleberg mit Leichtwasserreaktoren

Unter den dargestellten Umständen stiessen alle Projekte für «konventionell-thermische Kraftwerke» – so lautete jetzt die neue Bezeichnung für kohle- und ölgefeuerte Kraftwerke – auf starke Opposition in der näheren und weiteren Umgebung der gewählten Standorte; besonders heftig und emotionell kam sie bei den Projekten der Bernischen Kraftwerke AG für ein Werk bei Cressier im Kanton Neuenburg und der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG für ein Werk bei Rüthi im Kanton St. Gallen zum Ausdruck.

Beide Gesellschaften hatten schon seit einigen Jahren einen erheblichen Teil des Energiebedarfes in ihrem Versorgungsgebiet mit Bezug von in- und ausländischen Unternehmen decken müssen und wollten Kraftwerke erstellen, die mit hoher Ausnutzungsdauer zur Deckung der Grundbelastung herangezogen werden sollten – also für einen Einsatz, bei dem sich die Wirtschaftlichkeit der Kernenergie in den USA und in England gerade abzuzeichnen begann.

Zu den weitgehend ausgearbeiteten Projekten für ölgefeuerte Kraftwerke wurden nun als Alternative Studien für Kernkraftwerke aufgenommen und Angebote eingeholt mit dem Ergebnis, dass sowohl die NOK als auch die BKW auf die Erstellung der Werke Rüthi und Cressier verzichteten und sich für den Bau von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren entschlossen, zumal es ihnen gelungen war, trotz höherer Erstellungskosten, aber niedrigerer Spaltstoffkosten bei hoher Ausnutzungsdauer geringere Gestehungskosten für die produzierte Energie als bei den konventionellen Werken zu erreichen.

Den ersten Schritt unternahmen die Nordostschweizerischen Kraftwerke im Jahre 1965, als sie den Vertrag für die Erstellung eines Kraftwerkes auf der Beznau für eine Leistung von 350 MW mit einem Druckwasserreaktor mit dem Konsortium Westinghouse/BBC unterzeichneten.

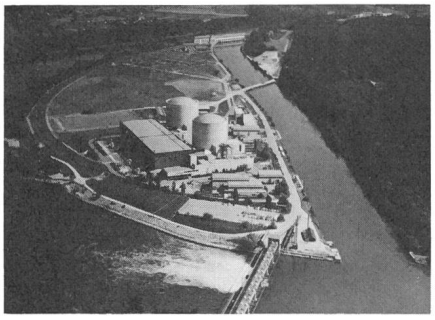

Fig. 5 Kernkraftwerke Beznau I und II

Fast genau ein Jahr darauf folgten die Bernischen Kraftwerke mit dem Auftrag für das Kernkraftwerk Mühleberg mit einer Leistung von 306 MW an das Konsortium General Electric/ BBC, nachdem sie als Reaktor den Siedewassertyp gewählt hatten.

Wieder ein Jahr danach bestellten die NOK unter Ausnützung eines günstigen Optionsrechtes die zweite gleich grosse und gleichartige Einheit für die Beznau und bezeichneten nun das ältere Werk mit Beznau I und das jüngere mit Beznau II.

Nachdem alle behördlichen Bewilligungen zügig erteilt worden waren und der Bau rasch fortgeschritten war, kamen diese drei Werke mit einer totalen Leistung von etwa 1000 MW in den Jahren 1969, 1971 und 1972 in Betrieb und haben seitdem mit ihrer ausgezeichneten Arbeitsverfügbarkeit einen wesentlichen Beitrag zur Sicherstellung der Landesversorgung geleistet.

11. Die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauches von 1955 bis 1975

Mit der im Kapitel 7 erwähnten durchschnittlichen jährlichen Zuwachsrate des Elektrizitätsbedarfes war der Endenergieverbrauch in den 20 Jahren von 1955 bis 1975 auf 4516 kWh pro Kopf der Bevölkerung gestiegen, von denen 1630 kWh auf die gesamte Industrie, 295 kWh auf die Bahnen und der weitaus grösste Teil – also 2591 kWh – auf Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft entfielen.

Von dem gesamten Endenergieverbrauch, der sich inzwischen mehr als verdoppelt hatte und auf über 26 600 kWh pro Kopf angewachsen war, deckte die Elektrizität etwa 17%, die festen Brennstoffe nicht einmal mehr 3%, die flüssigen Brennstoffe 51,3% und die flüssigen Treibstoffe 25,4%; das Gas beteiligt sich mit 3,4% am Endenergieverbrauch und zeigt steigende Tendenz, seitdem die Gaswerke von der Steinkohlevergasung zum Import von Erdgas übergegangen sind und ein weitverzweigtes Netz für seine Verteilung aufgebaut haben.

Beim Nutzenergieverbrauch dominieren die flüssigen Brennstoffe auf dem Wärmemarkt mit 78,5%, während hierbei die Anteile der Elektrizität mit 13,6% und des Gases mit 4,7% ausgewiesen werden.

12. Probleme der Energieversorgung seit Anfang der siebziger Jahre

Fast sorglos und unbekümmert war der Energiebedarf in den 30 Jahren seit dem Ende des Zweiten Weltkrieges mit hohen jährlichen Zuwachsraten angestiegen; erst seit den Tagen, in denen im Jahre 1972 der Club of Rome ein Signal für die Grenzen des Wachstums setzte und in denen im Jahre 1973 nach dem Ausbruch des Jom-Kippur-Krieges die drohende Verknappung der Ölzufuhren aus den arabischen Ländern eine Alarmstimmung hervorrief, ist das Bewusstsein für Energiefragen bei der Bevölkerung geweckt und verstärkt worden.

Seit dieser Zeit sind unzählige wohlgemeinte, zuweilen auch recht phantasievolle Vorschläge und Forderungen zur Reduktion und Substitution des Öles wie die Ausnutzung der Energie von Sonne, Wind, Gezeiten und Erdwärme sowie von lebender organischer Materie wie Holz, Algen und Dung vorgebracht worden, aber alle diese schon längst bekannten Möglichkeiten zur Energiegewinnung sind nach dem heutigen Stand nur für Einzelzwecke im kleintechnischen Masse brauchbar.

Greift man nur die Sonnenenergie heraus, so machen sich wohl viele Sympathisanten über den Beitrag, den ihre Nutzung in unserem Land bei der Gebrauchswarmwasserbereitung und der Raumheizung leisten könnte, allzu grosse Illusionen; dabei wird zu wenig berücksichtigt, dass die Sonnenenergie mit der grössten Intensität in den Sommermonaten wie das Angebot an Überschüssen aus der hydraulischen Elektrizitätserzeugung anfällt, aber bei abnehmender Intensität mit anderen Energieträgern – sei es mit Öl, Gas oder elektrischer Energie – ergänzt werden muss, solange wirtschaftliche und wirkungsvolle Speicher fehlen.

Bisher haben mannigfache Appelle, Öl zu sparen, einen gewissen Erfolg zu verzeichnen; denn der Verbrauch an flüssigen Brennstoffen ist von 1975 bis 1981 um 10% deutlich reduziert worden. Dabei haben die Furcht vor einer möglichen starken Ölverknappung und der auf das Vier- bis Fünffache gestiegene Preis zum Abbau übermässiger Verschwendung, zur besseren Wärmeisolierung der Gebäude und – wo immer möglich – zur Verlagerung auf die festen Brennstoffe in der Industrie und auf Erdgas bei Industrie und Raumheizung geführt, womit ihr Anteil am Endenergieverbrauch wieder beachtlich angewachsen ist und weiter anwachsen wird.

Auch bei der elektrischen Energie haben sich die Anschlussbegehren für die diversen Widerstandsheizungen und Wärmepumpenanlagen vermehrt, sie können allerdings im allgemeinen nur soweit zugelassen werden, als das bestehende Niederspannungsnetz nicht verstärkt werden muss. Immerhin haben die Versorgungsunternehmen vor einiger Zeit die Ansicht vertreten, dass 10 bis 15% aller Wohnungen ohne allzu grosse Investitionen elektrisch beheizt werden können und dass darüberhinaus die Abgabe elektrischer Energie für die Raumheizung bis zu der Grenze gesteigert werden kann, bei der die Produktionskapazität von Kernkraftwerken in den Schwachlastzeiten ausgenutzt ist, d.h. bis zu der Grenze, bei der keine zusätzlichen Anlagen zur Deckung des Raumheizbedarfes mit seiner relativ niedrigen Benutzungsdauer erstellt werden müssten.

Je mehr Elektroheizungen angeschlossen werden können, um so mehr wird natürlich Heizöl substituiert, sein Ersatz im grossen Masse kann erst dann erreicht werden, wenn Wärme aus Kernkraftwerken grosser Leistung für die Elektrizitätserzeugung mit Hilfe von Frischdampf aus dem Reaktor oder mit Hilfe von Entnahmedampf aus Turbinenaggregaten bezogen und über Wärmetauscher und Fernleitungen einer grösseren Agglomeration zur Raumheizung und Warmwasserbereitung zugeführt wird.

Diese Lösung ist technisch grundsätzlich möglich, sie dürfte sich aber erst dann als wirtschaftlich erweisen, wenn die Wärmetransportkosten über die Distanz zum Versorgungsgebiet durch entsprechend hohe Wärmeleistungen und lange Benutzungsdauern auf ein erträgliches Mass reduziert werden können; dies setzt voraus, dass in den Schwerpunkten des Wärmebedarfes mit konventionellen Brennstoffen befeuerte Heizwerke oder Heizkraftwerke bereits vorhanden sind, die die Spitzenlasten bei tiefen Aussentemperaturen decken und die notwendige Reserve bei Störungen oder Ausfällen der Fernleitungen oder der Reaktoren bilden.

Im Hinblick auf die hier skizzierte Zielsetzung scheint für dicht besiedelte Gebiete mit hoher Wärmelastdichte der Ausbau von Fernheiznetzen, die ihren Wärmebedarf aus Heizkraftwerken beziehen, besonders günstig und zweckmässig zu sein, da bei der Wär-

mekraftkopplung mit gleichzeitiger Erzeugung elektrischer und thermischer Energie die Brennstoffenergie optimal ausgenutzt wird.

Da in den schweizerischen Verhältnissen in den Sommermonaten aus der nicht akkumulierfähigen hydraulischen Produktion und aus der freien Produktionskapazität der nuklearen Kraftwerke Überschüsse resultieren, die vom Inlandkonsum auch bei zunehmendem Bedarf für saisonale Pumpzwecke nicht verwertet werden und deren Exportchancen sich mit dem Ausbau von Kernkraftwerken in den Nachbarländern vermindern, ist die Erzeugung von elektrischer Energie in den Heizkraftwerken ausserhalb der Heizperiode nicht nötig.

So eignen sich von allen Möglichkeiten der Wärmekraftkopplung am besten Anlagen mit Gegendruckturbinen; sie benötigen praktisch keine Kühlmittel, sind somit weitgehend frei in der Standortwahl, erfordern geringe Anlagekosten und bieten den Vorteil, dass die zugeführte Brennstoffenergie über den grössten Leistungsbereich mit einem Wirkungsgrad von mehr als 80% umgewandelt wird.

Da die bei der Wärmekraftkopplung mit Gegendruckturbinen produzierten elektrischen Leistungen mit tieferer Aussentemperatur steigen, also gerade in der Zeit, in der die hydraulische Erzeugung stark sinkt und die Importmöglichkeiten zurückgehen, erhält die in solchen Werken erzeugte elektrische Energie einen relativ hohen Marktwert, zumal sie in den Schwerpunkten des Wärmebedarfes anfällt, die in der Regel mit den Schwerpunkten des Elektrizitätsbedarfes identisch sind.

Abgesehen von Visionen, die im Jahre 2000 eine fernbeheizte Schweiz sehen, gibt es eine Reihe von Projekten, die sich mit einer regionalen Wärmeversorgung aus den im Betrieb befindlichen Kernkraftwerken befassen und als Pilotanlagen für spätere grosse Wärmeversorgungen dienen sollen; auf ihre Beschreibung muss in diesem Rahmen verzichtet werden.

13. Der Ausbau der Kernkraftwerke Gösgen und Leibstadt und die Diskussionen um die zukünftige Nutzung der Kernenergie

Schon während des Baues der Kraftwerke Beznau I und II und Mühleberg wurden weitere Werke geplant und gemäss dem Bundesgesetz vom Jahre 1959 die Standortbewilligungen für die Kernkraftwerke Gösgen, Leibstadt und Kaiseraugst im Jahre 1969 und ferner für die Werke Graben 1972 und Verbois 1974 erteilt.

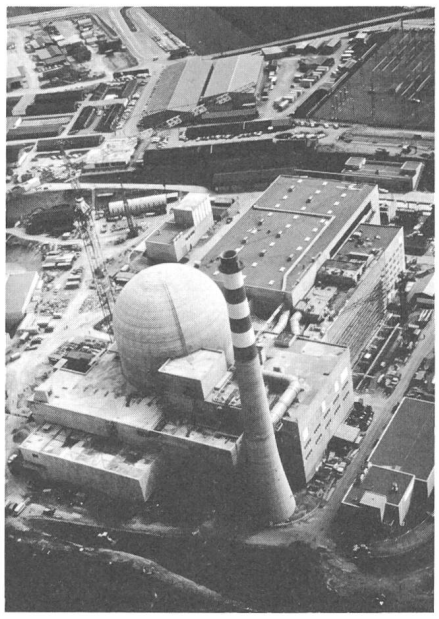

Fig. 6 Kernkraftwerk Leibstadt im Bau

Von diesen Werken konnte das Kraftwerk Gösgen mit einer Leistung von 920 MW nach einer Bauzeit von sechs Jahren 1979 in Betrieb genommen werden; das Kraftwerk Leibstadt, dessen Bau im Frühling 1974 begonnen worden ist, wird erst im Laufe des Jahres 1984 mit einer Leistung von 942 MW fertiggestellt sein.

Während der Bau der ersten Kernkraftwerke begrüsst und sogar gefordert wurde, hatten die Werke Gösgen und Leibstadt schon gegen verschiedene Einsprachen zu kämpfen, ihre Projekte von der Flusswasserkühlung zum Kühlturm zu ändern und laufend verschärfte Sicherheitsvorschriften zu beachten, die zu erheblichen Verzögerungen und Verteuerungen geführt haben.

Zu Beginn der siebziger Jahre hatte sich – ausgehend von der Region Basel – eine zunehmende Opposition gegen den Bau des geplanten Kernkraftwerkes Kaiseraugst gebildet, die ihren Höhepunkt im Jahre 1975 mit der spektakulären Besetzung des Baugeländes fand.

Die im gleichen Jahr lancierte Volksinitiative unter der Bezeichnung: «Für die Wahrung der Volksrechte und die Sicherheit beim Bau und Betrieb von Atomanlagen», die die Zustimmung der Stimmberechtigten der Standortgemeinde und der angrenzenden Gemeinden sowie der Stimmberechtigten jedes Kantons, dessen Gebiet nicht mehr als 30 km von der Atomanlage entfernt liegt, verlangte, wurde in der Volksabstimmung vom Februar 1979 verworfen.

Um den Bedenken der Kernkraftwerkgegner vermehrt Rechnung zu tragen, beschlossen die eidgenössischen Räte eine Teilrevision des Atomgesetzes, mit dem der weitere Ausbau von nuklearen Werken nicht gerade verhindert, aber von restriktiven Bedingungen abhängig gemacht wurde. Danach ist für jedes Projekt als Voraussetzung für die spätere Bau- und Betriebsbewilligung zunächst eine Rahmenbewilligung notwendig, die der Bundesrat mit Genehmigung der Bundesversammlung erteilt, nachdem unter anderem der Nachweis erbracht ist, dass ein hinreichender Bedarf besteht, eine dauernde, sichere Entsorgung und Endlagerung der aus der Anlage stammenden radioaktiven Abfälle gewährleistet und die Stillegung sowie der allfällige Abbruch ausgedienter Anlagen geregelt ist.

Endverbrauch aller Energieträger pro Einwohner Tabelle IV

Kalenderjahr	Einwohner	Flüssige Brennstoffe		Flüssige Treibstoffe		Erdölprodukte Total	Feste Brennstoffe Kohle, Koks, Torf, Holz, div. Abfälle		Gas		Elektrizität		Endenergie Total
	10^6	kWh/E	%	kWh/E	%	%	kWh/E	%	kWh/E	%	kWh/E	%	kWh/E
1915	3,88	3	–	32	0,4	0,4	7 350	91,2	253	3,2	421	5,2	8 059
1935	4,16	471	5,3	621	7,0	12,3	6 653	74,8	268	3,0	884	9,9	8 897
1955	4,98	2 590	20,4	1 867	14,7	35,1	5 443	42,9	301	2,4	2 488	19,6	12 689
1960	5,43	4 760	31,5	2 911	19,2	50,7	4 255	28,2	275	1,8	2 926	19,3	15 127
1965	5,81	10 147	47,4	4 623	21,6	69,0	2 891	13,5	277	1,3	3 481	16,2	21 419
1970	6,27	14 022	53,9	6 116	23,5	77,4	1 531	5,9	326	1,3	4 001	15,4	25 996
1975	6,40	13 664	51,3	6 774	25,4	76,7	778	2,9	910	3,4	4 516	17,0	26 642
1980	6,33	13 670	45,5	7 847	26,1	71,6	1 350	4,5	1 575	5,3	5 569	18,6	30 011
1981	6,33	12 353	42,2	7 970	26,8	69,0	1 752	5,9	1 744	5,9	5 717	19,2	29 718

Obgleich diese Teilrevision, gegen die das Referendum ergriffen worden war, in einer Volksabstimmung angenommen wurde, haben die erklärten Kernkraftwerkgegner erneut eine Initiative mit der Bezeichnung: «Für eine Zukunft ohne weitere Atomkraftwerke» und eine Initiative mit der Bezeichnung: «Für eine sichere, sparsame und umweltgerechte Energieversorgung» eingereicht, bis zu deren Behandlungen im Parlament und der Durchführung der Volksabstimmungen der Baubeginn für weitere Kernkraftwerke blockiert sein dürfte.

Die vom Bundesrat im Jahre 1974 eingesetzte Eidgenössische Kommission für die Gesamtenergiekonzeption und die später gebildete Eidg. Energiekommission über den Bedarfsnachweis für Kernkraftwerke haben unter Berücksichtigung des ständig steigenden Elektrizitätsbedarfes die Notwendigkeit weiterer Werke bejaht, wobei sie allerdings in ihren verschiedenen Gruppierungen unterschiedliche Auffassungen über die möglichen Zuwachsraten und über das Mass an behördlichen Gesetzen und Verordnungen zu Sparmassnahmen zum Ausdruck bringen.

Ohne auf eine langfristige Prognose einzugehen, kann bemerkt werden, dass in der Zeit von 1975 bis 1981 der Endverbrauch an elektrischer Energie mit einer durchschnittlichen jährlichen Zuwachsrate von etwa 3,8% um etwa 25% gestiegen ist; sein Anteil am gesamten Endverbrauch aller Energieträger erhöhte sich dabei von 17% auf 19,2%.

Nutzenergieverbrauch pro Einwohner und seine Deckung Tabelle V

	Kalenderjahr	Flüssige Brennstoffe		Flüssige Treibstoffe		Feste Brennstoffe		Gas		Elektrizität		Total
		kWh/E	%	kWh/E	%	kWh/E	%	kWh/E	%	kWh/E	%	kWh/E
Wärme	1915	2	–			2 829	95,6	111	3,8	19	0,6	2 961
	1935	331	7,8			3 488	82,1	181	4,3	246	5,8	4 246
	1955	2 017	34,0			2 886	48,7	158	2,7	865	14,6	5 926
	1975	9 325	78,5			377	3,2	553	4,7	1 618	13,6	11 873
	1981	8 820	67,1			1 054	8,0	1 196	9,1	2 069	15,8	13 139
Mech. Arbeit	1915			5	2,0	99	39,1			149	58,9	253
	1935			115	27,5	18	4,3			285	68,2	418
	1955			392	37,0	7	0,6			662	62,7	1 061
	1975			1 473	53,1	–	–			1 302	46,9	2 775
	1981			1 740	51,5	–	–			1 662	48,9	3 402
Chemie	1915					40	23,5			130	76,5	170
	1935					30	20,0			120	80,0	150
	1955					73	19,2			308	80,8	381
	1975	146	26,5			39	7,1			365	66,4	550
	1981					43	11,1			345	88,9	388
Licht	1915										100,0	4
	1935									8	100,0	8
	1955									17	100,0	17
	1975									39	100,0	39
	1981									53	100,0	53
Nutzenergie Total	1915	2	–	5	0,2	2 968	87,6	111	3,3	302	8,9	3 388
	1935	331	6,9	115	2,4	3 536	73,3	181	3,7	659	13,7	4 822
	1955	2 017	27,3	392	5,3	2 966	40,2	158	2,1	1 852	25,1	7 385
	1975	9 471	62,2	1 473	9,7	416	2,7	553	3,6	3 324	21,8	15 237
	1981	8 820	51,9	1 740	10,2	1 097	6,5	1 196	7,1	4 129	24,3	16 982

14. Schlussbemerkung

Bei gerechter Würdigung der Elektrizitätsversorgung im Wandel der Zeiten muss anerkannt werden, dass die Unternehmen in vollem Bewusstsein ihrer volkswirtschaftlichen Bedeutung die Anwendung der elektrischen Energie auf allen Gebieten des täglichen Lebens gefördert und alle Anstrengungen zur Sicherung einer ausreichenden Versorgung durch den Bau von Kraftwerken und Übertragungsanlagen unternommen haben.

Es wäre für die Zukunft bedauerlich und verhängnisvoll, wenn die bisherige marktwirtschaftliche Ordnung durch eine Vielfalt von gesetzlichen Bestimmungen beeinträchtigt und gestört würde.

Vor 25 Jahren hat der Verfasser bei seiner Antrittsvorlesung als eine Verpflichtung für seine Lehrtätigkeit ein Zitat aus einer Publikation seines Vorgängers, Professor Dr. Bruno Bauer, vorgetragen und möchte es an seiner Abschiedsvorlesung als eine Mahnung wiederholen. Es lautet:

«Nie vermag ein System von Gesetzen und Verordnungen das lebendige Wirken der Marktkräfte zu ersetzen. Hinter diesen Kräften aber steht der wirtschaftlich handelnde Mensch, und hier muss man einsetzen, wenn sich in den Entscheidungen auf dem Energiemarkt und in der Produktionswirtschaft eine gesamtwirtschaftlich orientierte Ordnung abzeichnen soll. Statt neue Gesetze zu erwägen, müssen wir das gesamtwirtschaftliche Denken weiterentwickeln durch fortgesetzte, nie ruhende Aufklärungsarbeit. Nur auf diesem Wege können wir unter Beibehaltung des bewährten Fundamentes der herrschenden Ordnung schrittweise zur Verwirklichung jener Forderungen gelangen, welche die rationelle Nutzung der vorhandenen Rohenergien zum Ziel haben.»