

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 48 (1957)
Heft: 25

Rubrik: Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Die bisherige und die zukünftige Entwicklung der Wärmekraftwerke bei der Electricité de France

von A. Charbonnier, Paris

621.311.22/.23(44)

Wir veröffentlichen nachstehend das Referat, das von Herrn A. Charbonnier, contrôleur général à la direction de l'équipement de l'Electricité de France, anlässlich der 28. Jahresversammlung des Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz am 25. Juni 1957 in Lausanne gehalten wurde. Nach einem Überblick über die Zunahme der Einheitsleistungen und die Entwicklung bei der Disposition der EDF-Kraftwerke seit 1946, wird das «Normal»-Kraftwerk Porcheville eingehend beschrieben. Es werden dann die Faktoren, die zu einer Verminderung der Erzeugungskosten der thermischen Energie beitragen, erörtert. Zum Schluss legt der Autor die zur Zeit bei der EDF hinsichtlich der thermischen Energieerzeugung herrschenden Tendenzen dar.

Obschon in der Schweiz die elektrische Energie gegenwärtig fast ausschliesslich aus Wasserkraft erzeugt wird, sind die Ausführungen von Herrn Charbonnier für uns von grossem Interesse; es wird heute nämlich die Frage aufgeworfen, ob es nicht zweckmässig wäre, in unserem Lande in der Übergangszeit zum Atomzeitalter thermische Kraftwerke klassischer Bauart zu errichten. In dieser Hinsicht sei besonders auf die wirtschaftlichen Betrachtungen im zweiten Teil des Referates hingewiesen.

Nous publions ci-dessous la conférence que M. A. Charbonnier, contrôleur général à la direction de l'équipement de l'Electricité de France, a présentée à l'occasion de la 28^e assemblée annuelle du Comité National de la Conférence Mondiale de l'Energie, le 25 juin 1957 à Lausanne.

Après avoir donné un aperçu de l'accroissement des puissances unitaires et de l'évolution du schéma des centrales thermiques de l'EDF depuis 1946, l'auteur décrit en détail la centrale-type de Porcheville. Il examine ensuite les facteurs contribuant à faire diminuer les prix de revient de l'énergie thermique, et indique pour terminer les tendances actuelles de l'équipement thermique de l'EDF.

Bien qu'à l'heure actuelle l'énergie électrique produite en Suisse soit presque entièrement d'origine hydraulique, il ne fait aucun doute que l'exposé de M. Charbonnier présente pour nous un grand intérêt au moment où l'on se demande s'il est indiqué de construire dans notre pays des centrales thermiques classiques, en attendant l'avènement des centrales nucléaires. A ce propos, nous attirons notamment l'attention du lecteur sur les considérations économiques contenues dans la deuxième partie de l'article.

Einleitung

Die *Electricité de France (EDF)* wurde durch ein Gesetz im April 1946 geschaffen; sie bildet einen industriellen und wirtschaftlichen staatlichen Dienst, welcher nun 11 Jahre alt ist.

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die Entwicklung der Wärmekraftwerke der EDF. Einige einleitende Bemerkungen sollen vorerst einen Anhaltspunkt über die Bedeutung der Wärmekraftwerke der EDF geben.

In runden Zahlen wird die in Frankreich insgesamt verbrauchte elektrische Energie je zur Hälfte in Wasserkraftwerken und zur Hälfte in Wärmekraftwerken erzeugt. Von der Gesamtproduktion aller französischen Wärmekraftwerke stammt mehr als die Hälfte der erzeugten kWh aus den Anlagen der Kohlenbergwerke, der Hüttenbetriebe und einiger anderer Industrien. Die Wärmekraftwerke der EDF liefern dagegen mit einer Leistung, die grösser ist als 50% der Gesamtleistung aller Wärmekraftwerke. Wir werden auf die unterschiedlichen Betriebsverhältnisse der Werke der EDF und der industriellen Wärmekraftwerke weiter unten noch näher eingehen.

Die *Tabelle 1* gibt Auskunft über den Leistungsanteil der Wärmekraftwerke der EDF an der gesamten Elektrizitätsversorgung Frankreichs. Die Angaben für die Jahre 1960 und 1965 sind geschätzte Zahlen und sollen einen Anhaltspunkt über die voraussichtlich zu erwartende Entwicklung geben. Die Tabelle zeigt deutlich den steigenden Anteil der Wärmekraftwerke der EDF an der in der französischen Elektrizitätsversorgung notwendigen Gesamtleistung.

Tabelle I

Jahr	Gesamter Landesverbrauch (einschliesslich Verluste) TWh (10 ⁹ kWh)	Spitzenleistung	
		Total MW	davon Wärmekraftwerke der EDF MW
1939	22	4 000	—
1945	19	—	—
1946	24	4 700	1 750
1950	33	6 600	2 260
1955	50	8 900	3 000
1960	70	14 000	6 000
1965	100	20 000	9 000

Obwohl in *Tabelle 1* das Verhältnis zwischen Energieerzeugung und zugehöriger Spitzenleistung (Gebrauchsdauer in Stunden) für das ganze Land zusammen im Laufe der Jahre ziemlich konstant erscheint, ergeben sich für die verschiedenen Gruppen von Wärmekraftwerken, wie bereits weiter oben angedeutet, recht unterschiedliche Gebrauchsdauern. So haben z. B. im Jahre 1955 die Wärmekraftwerke der EDF 9 Milliarden kWh mit einer Gebrauchsdauer von 3000 Stunden erzeugt, während alle übrigen französischen, nicht der EDF gehörenden Wärmekraftwerke 15 Milliarden kWh mit einer Gebrauchsdauer von 6000 Stunden erzeugt haben.

Die verschiedenen Ausbaupläne der EDF

Die Ausgangslage im Zeitpunkt der Verstaatlichung

Bei der Befreiung des Landes in den Jahren 1944/45 war die Erzeugungsmöglichkeit der Kraftwerke nicht grösser als im Jahre 1939. Die privaten Elektrizitätsgesellschaften hatten während des Krieges bereits Pläne für den Ausbau der Erzeugungs-, Transport-, und Verteilanlagen aufgestellt, weil sie

auf Kriegsende mit einem starken Ansteigen des Energiebedarfs rechneten. Verschiedene Studien wurden sehr stark gefördert, damit man sofort nach der Befreiung mit dem Ausbau der Anlagen beginnen könnte.

Alle diese Arbeiten sind nach der Verstaatlichung von der EDF weitergeführt worden. Das Neubauprogramm wurde in dem Masse ausgedehnt, als das *Planungskommissariat*, eine staatliche Institution, die vorgelegten Projekte genehmigte. Der erste Modernisierungsplan, der seit 1946 verwirklicht wurde, hatte die Projekte der vormals privaten Gesellschaften übernommen und neue Projekte dazugefügt.

Wenn man von einigen wenigen kleinen Dieselgruppen absieht, verfügte die EDF zu Beginn ihrer Tätigkeit über 274 Turbogeneratorgruppen und 743 Dampfkessel, welche auf total 75 Kraftwerke verteilt waren.

Die Durchschnittswerte der Anlageteile betragen
Leistung pro Gruppe ca. 12 MW
Dampfleistung pro Kessel 21 t/h
mittleres gewogenes Alter über 20 Jahre

Von diesen 274 Turbogeneratorgruppen hatten 25 eine Leistung zwischen 25 und 50 MW und nur 5 Gruppen eine Leistung von mehr als 50 MW.

Die grosse Mehrzahl der Kessel war mit Kohlenfeuerung und mechanischen Rosten, eine kleine Zahl von Kesseln mit Kohlenstauffeuerung ausgerüstet. Nur wenige Kessel wurden mit Öffeuerung betrieben. Der Zustand vieler dieser übernommenen Anlagen war so schlecht, dass sie nur beschränkt benutzt werden konnten. Die gesamte Leistung, die mit diesen Anlagen erzeugt werden konnte, war nicht grösser als die 14 Jahre früher verfügbare Leistung.

Der erste Plan

Für die EDF allein, d. h. ohne die übrigen Industrien wie Kohlenbergwerke und Hüttenbetriebe, die ihrerseits grosse Wärmekraftwerke erstellten, umfasste der erste Modernisierungsplan eine Leistung von 980 MW, verteilt auf 12 Kraftwerke mit total 19 Maschinengruppen und 34 Dampfkesseln. Die durchschnittliche Leistung pro Maschinengruppe betrug rund 51 MW. Die meisten Kessel hatten Kohlenstauffeuerung.

Das Ergänzungsprogramm zum ersten Plan

Man glaubte, dass es mit der Verwirklichung des ersten Planes möglich sein werde, vom Jahre 1955 an alle Einschränkungen im Elektrizitätsverbrauch aufzuheben und den Bedarf voll decken zu können.

Aber das starke Anwachsen des Elektrizitätsverbrauchs machte es notwendig, in den Jahren 1951 und 1952 zusätzliche hydraulische und thermische Anlagen zu erstellen. Dieses Ergänzungsprogramm umfasste für die Wärmekraftwerke der EDF eine Leistung von 830 MW, die sich wie folgt zusammensetzte:

- 1 Maschinengruppe zu 50 MW
- 2 Maschinengruppen zu 100 MW
- 5 Maschinengruppen von je 100 bis 125 MW mit Zwischenüberhitzung.

Für die notwendige Dampferzeugung wurden 9 Kessel installiert, vorwiegend mit Kohlenstauffeuerung.

Die mittlere Leistung pro Maschinengruppe betrug 104 MW.

Der zweite Plan

Mit der Verwirklichung des zweiten Plans wurde im Jahre 1953 begonnen. Er wurde ausgearbeitet, um den Energiebedarf im Winter 1960/61 decken zu können. Dies bedingte für die Wärmekraftwerke einen Beginn der Bauarbeiten in den Jahren 1953 bis 1957.

Der zweite Plan sieht für die Wärmekraftwerke der EDF eine zusätzliche Leistung von 2525 MW vor, die durch 22 Maschinengruppen und 22 Dampfkessel geliefert wird. Die Gesamtleistung verteilt sich wie folgt auf die einzelnen Maschinengrössen:

- 19 Gruppen mit 115/125 MW
- 2 Gruppen mit je 55 MW bei einem Braunkohlelager
- 1 Gruppe von 230/250 MW

Alle diese Maschinen sind einwellig und haben eine Drehzahl von 3000 U/min.

Bei einer Gruppe, die als Erweiterung einer bestehenden Anlage aufgestellt wird, beträgt der Frischdampfdruck 89 kg/cm². Den gleichen Druck haben die zwei Gruppen zu 55 MW. Die grösste Gruppe von 250 MW hat einen Frischdampfdruck von 141 kg/cm², die übrigen 18 Gruppen einen solchen von 127 kg/cm². Alle Maschinen haben Zwischenüberhitzung (540/540 °C für alle Gruppen mit Ausnahme der 250-MW-Gruppe, bei welcher 565/565 °C vorgesehen ist).

Die 22 Dampfkessel sind wie folgt ausgerüstet:

- 19 Kessel mit Kohlenstauffeuerung
- 1 Kessel mit Zyklonfeuerung
- 2 Kessel mit Schweröl- und Erdgasfeuerung

Der dritte Plan

Ein dritter Ausbauplan wird gegenwärtig von den zuständigen öffentlichen Instanzen geprüft. Die Bauarbeiten für die ersten Anlagen des dritten Plans werden noch dieses Jahr beginnen. Der dritte Plan soll die Energieversorgung im Winter 1965/66 sicherstellen. Er umfasst für die Wärmekraftwerke der EDF rund 30 Gruppen mit je 115/125 MW oder eine entsprechende Zahl von Gruppen mit 230/250 MW. Die Leistung der Wärmekraftwerke der EDF wird durch den dritten Plan um 3450 MW erhöht.

Wir haben in Tabelle 1 am Anfang des vorliegenden Berichts gesehen, dass die von den Wärmekraftwerken der EDF effektiv zu liefernde Spitzenleistung von 1750 MW im Jahre 1946 auf 9000 MW im Jahre 1965 ansteigen wird. Wenn man zu den 1750 MW des Ausgangsjahres 1946 die durch die vorerwähnten Ausbaupläne zusätzlich installierten 7785 MW hinzuzählt, so ergibt sich ein Total von rund 9,5 Millionen kW. Dies wäre in der Praxis ungenügend, weil inzwischen die ältesten Anlagen von selbst aus der Produktion ausscheiden. Andere, ebenfalls überalterte Anlagen verursachen so grosse Kosten für die Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft, dass jedes Jahr einige von ihnen ebenfalls stillgelegt werden müssen.

Deshalb rechnet man für die Zukunft in Frankreich bereits mit *Atomkraftwerken* mit einer Leistung von ca. 800 MW oder mehr. Seit 1955 ist bei der EDF ein Atomkraftwerk mit 110 MW im Bau

und der Baubeschluss für ein weiteres Atomkraftwerk von 100 MW ist gefasst.

Zunahme der Leistungen pro Maschinengruppe und pro Kessel

In den Jahren nach 1946 stellen wir eine sehr *starke Zunahme der Einheitsleistung* fest, wie die folgende Aufstellung zeigt:

Jahr 1946 12 MW pro Maschine als Mittel von 274 Maschinen
 1946...1952 (erster Plan) 51 MW pro Maschine
 1951...1952 (Zusatzplan zum ersten Plan) 104 MW pro Maschine
 1953...1957 (zweiter Plan) 115 MW pro Maschine
 ab 1957 (dritter Plan) 153 MW pro Maschine als Mittelwert der im Jahre 1957 in Angriff genommenen Anlagen (2 × 115 MW und 1 × 230/250 MW)

Zusammenfassend ergibt sich innert 25 Jahren (oder unter Ausschluss der Kriegsjahre innert 20 Jahren) mehr als eine Vervielfachung der Einheitsleistung, wenn man berücksichtigt, dass Turbogeneratorgruppen von 50 MW und 3000 U/min schon im Jahre 1940 als Normalausführung galten, während die normale Einheitsleistung in Frankreich im Jahre 1965 230/250 MW betragen wird. Die *Dampfleistung* der Kessel ist noch stärker angestiegen, indem sie sich von 120 t/h auf über 700 t/h versechsfacht hat. Der *Frischdampfdruck* wurde von 60 auf 141 kg/cm² erhöht und wird weiter ansteigen; die *Zwischenüberhitzung* wurde eingeführt und wird nun normal angewendet. Die *Dampftemperaturen* sind von 450 °C auf 565 °C erhöht worden. In der betrachteten Entwicklungsperiode 1939—1965 hat sich der *Landesbedarf an elektrischer Energie* in Frankreich vervierfacht. Das französische Hochspannungsnetz ist sehr gut ausgebaut, weil sehr grosse Wasserkraftwerke in der südöstlichen Hälfte des Landes liegen, während sich die Hauptverbrauchszentren vorwiegend in der nordwestlichen Hälfte des Landes befinden. Die erste Leitung mit 380 kV wird dieses Jahr in Betrieb gesetzt. Man kann in Zukunft in Frankreich Turbogeneratorgruppen mit 250 oder mehr MW installieren, da diese Leistung *nicht einmal den zwanzigsten Teil der von der EDF im Jahre 1960 mit ihren Wärmekraftwerken aufzubringenden Spitzenleistung ausmacht*. Maschinengruppen mit einem Zehntel dieser Spitzenleistung von 6000 MW wären betrieblich zulässig, ohne dass der Ausfall einer solchen Gruppe einen Unterbruch in der Energielieferung an die Abonnenten zur Folge hätte.

Die Entwicklung bei der Disposition der Kraftwerke

Zwischen den alten und den heutigen Dampfkraftwerken stellen wir die folgenden wesentlichen Unterschiede fest:

a) Die im Jahre 1946 von der EDF übernommenen Wärmekraftwerke sind gekennzeichnet durch die horizontale Verbindung der verschiedenen gleichartigen Organe. Es ist ein besonderes Kesselhaus vorhanden, in welchem alle Kessel wasser- und dampfseitig und zwar meist durch doppelte Leitungen unter sich verbunden sind. Die *Dampfleistung* eines jeden Kessels ist wesentlich kleiner



Fig. 1

Das thermische Kraftwerk Yainville

Dieses Kraftwerk umfasst 2 Maschinengruppen von je 50 MW und 4 Kessel, gemäss der 1945 üblichen Disposition. Eine Erweiterung mit zwei 125-MW-Einheiten ist in Ausführung begriffen

als der Dampfbedarf einer einzigen Turbine. In einem besonderen Maschinensaal sind die unter sich dampfseitig durch eine Dampfsammelleitung verbundenen Turbo-Generatorgruppen aufgestellt, die auf der elektrischen Seite normalerweise die Energie auf ein Doppelsammelschienensystem abgeben. Das Betriebspersonal ist bei den einzelnen Kesseln und Turbo-Generatorgruppen aufgestellt und betreibt und überwacht diese Anlageteile von den örtlich verteilten Bedienungsstellen aus. Einzig die elektrischen Schalttafeln sind meist zentralisiert.

b) Die Dampfkraftwerke des ersten Modernisierungsplanes sind unterschiedlich disponiert; dies ist durch die damaligen Verhältnisse bedingt. Die Besetzung des Landes hatte den Kontakt mit andern stark industrialisierten Ländern unterbunden. Meist hielt man bei den Anlagen des ersten Modernisierungsplanes am alten Schema mit mehreren Kesseln pro Turbogruppe und mit wasser- und dampf-

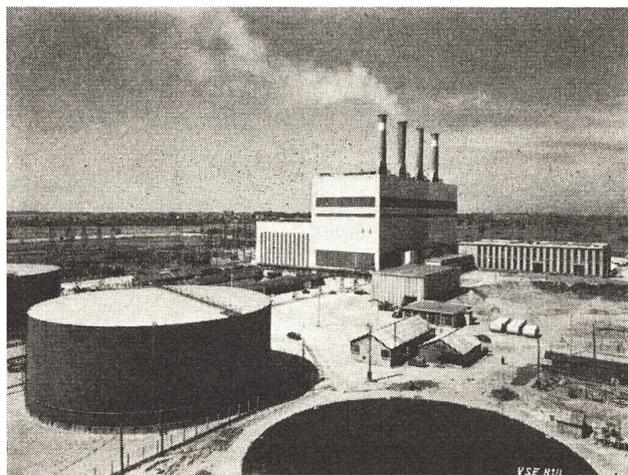


Fig. 2

Das thermische Kraftwerk Nantes-Cheviré

Dieses Kraftwerk umfasst 2 Maschinengruppen von je 50 MW und eine 100-MW-Gruppe ohne Zwischenüberhitzung. Eine Erweiterung mit einer 125-MW-Gruppe mit Zwischenüberhitzung wird gegenwärtig ausgeführt

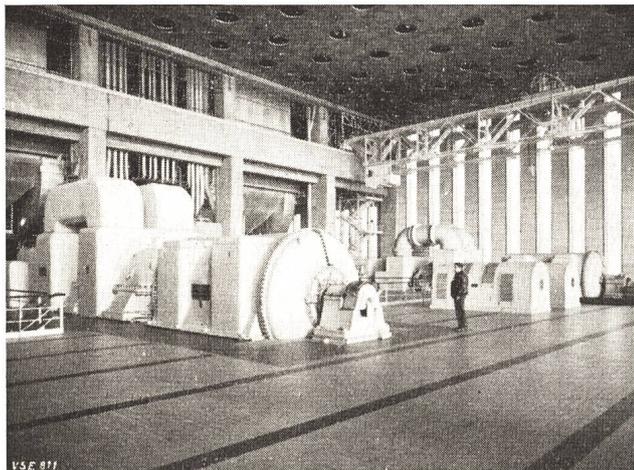


Fig. 3

Maschinensaal des Kraftwerkes Nantes-Cheviré
Es gibt keine Trennungswand zwischen Kesselanlage und Maschinensaal

seitiger Verbindung der einzelnen Kessel fest. Die Bedienung der Anlagen von vielen, örtlich verteilten, neben den einzelnen Anlagenteilen angeordneten Bedienungsstellen aus wurde meistens beibehalten. Die Inbetriebsetzung der ersten 110-MW-Turbo-Generatorgruppe im Jahre 1949 zeigte, dass die Betriebssicherheit der modernen Kessel die Anwendung der *Blockschaltung* ermöglicht, die an zwei Orten in den Jahren 1949/1950 erstmals eingeführt worden ist. Gleichzeitig findet man in diesen Anlagen eine verstärkte Verwendung von automatischen Anlagen und von Fernsteuerungen. Ein einziger Mann überwacht einen ganzen Block und führt dessen Betrieb. Als Beispiele seien die Kraftwerke Yainville und Nantes erwähnt (Fig. 1, 2 und 3).

c) Die nach dem Ergänzungsplan erstellten Kraftwerke zeigen als wesentliches Merkmal den *Übergang zu Maschinengruppen von 115/125 MW mit Zwischenüberhitzung*. In dieser Bauperiode wird die *Blockschaltung* allgemein angewendet (ein Kessel, eine Maschinengruppe, ein Transformator,

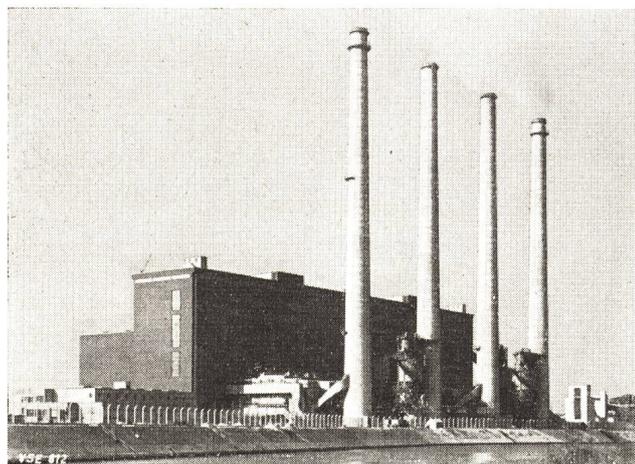


Fig. 4

Das thermische Kraftwerk Creil
Dieses Kraftwerk umfasst 4 125-MW-Einheiten mit Zwischenüberhitzung

ein Leitungsabgang). Man findet die vollständige Trennung zwischen den einzelnen Blöcken, die um so mehr berechtigt ist, als man auch die Zwischenüberhitzung anwendet. Der ganze Block wird von einer Schalttafel aus betrieben, die zusammen mit den Schalttafeln der andern Blöcke in einer besonderen Warte aufgestellt ist. Auf dieser Schalttafel sind alle Mess- und Fernsteuerapparate sowie die Automatik zusammengefasst. Die vermehrte Anwendung der Automatik und der Fernsteuerung macht jede Bedienung von Hand, ausgenommen beim Anlassen der Gruppen, überflüssig.

d) Beim zweiten Plan werden diese Gesichtspunkte systematisch weiter angewendet und weiterentwickelt, ebenso im dritten Plan. Gleichzeitig werden die ersten Gruppen mit 230/250 MW unter Beibehaltung der bewährten *Blockschaltung* eingeführt. Ein Beispiel dieser Bauart ist das Kraftwerk Creil (Fig. 4 und 5).



Fig. 5

Maschinensaal des Kraftwerkes Creil
Die Maschinengruppen sind in der Längsrichtung paarweise aufgestellt. Ein Kommandoraum für je zwei Gruppen. Links auf der Figur die Kesselanlage

Das Kraftwerk Porcheville

Das nachstehend beschriebene Kraftwerk Porcheville (an der Seine unterhalb Paris) ist ein *Beispiel für die heutige sog. «Normalausführung» eines Dampfkraftwerkes der EDF*. In diesem Kraftwerk sind vier gleichartige Gruppen installiert, aber das Werk kann später vergrößert werden, da die Seine bei Niederwasser mindestens $60 \text{ m}^3/\text{s}$ führt, während der Kühlwasserbedarf der vier ersten Gruppen zusammen nur $20 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt. Alle Dispositionen sind so getroffen worden, dass später wesentliche Erweiterungen möglich sind. Die Dampfkessel sind mit Kohlenstaubfeuerung ausgerüstet. Das Kraftwerk bei Porcheville (Fig. 6, 7 und 8) ist seit einem Jahr stufenweise in Betrieb gesetzt worden.

Hauptdaten der Turbogeneratoren samt Zubehör

1. Die Dampfturbinen

Jede Turbinengruppe besteht aus einem Hochdruckteil mit Hochtemperaturteil (nach Zwischenüberhitzung) und einem Mitteldruck-Niederdruckteil mit drei Ausströmöffnungen.

Frischdampfdruck 127 kg/cm^2

Dampfdruck am Ausgang des Hochdruckteils, gegen den Zwischenüberhitzer: 29 kg/cm²

Dampfdruck nach der Zwischenüberhitzung 26,2 kg/cm²

Dampfdruck am Turbinenende 0,035 kg/cm²

Dampftemperatur 540 °C/540 °C

Normale Dauerhöchstlast 115 MW, vorübergehende Überlast 125 MW

Temperatur des aufgeheizten Speisewassers (bei 115 MW) 234,5 °C

Dampfmenge am Turbineneinlass bei 115 MW 323 t/h
bei 125 MW 362 t/h

Der spezifische Dampfverbrauch pro kWh ist am kleinsten bei 115 MW.

2. Die Generatoren

Drehzahl 3000 U/min

Leistung: (pro Gruppe)

100 MW bei 0,035 kg/cm² Wasserstoffdruck

115 MW bei 1 kg/cm² Wasserstoffdruck

125 MW bei 2 kg/cm² Wasserstoffdruck

Für jeden Generator ist eine separate Erregermaschine mit 1500 U/min vorhanden¹⁾.

Länge des Turbogenerators 26 m

Breite des Turbogenerators 6,5 m

Demontagelänge des Rotors 10 m

Statorgewicht 200 t

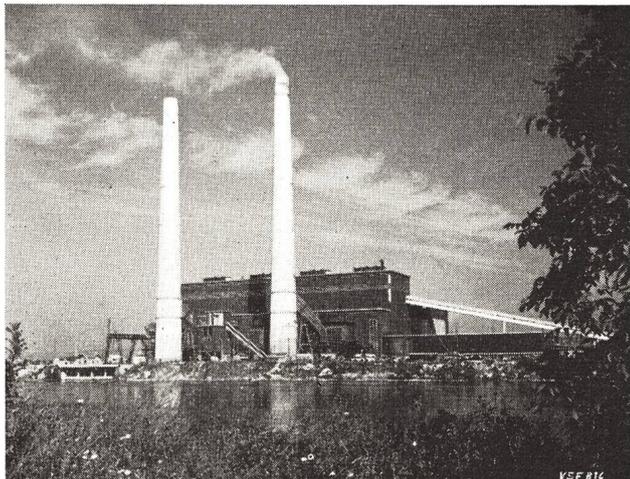


Fig. 6

Das thermische Kraftwerk Porcheville

Dieses sehr moderne Kraftwerk umfasst 4 125-MW-Einheiten mit Zwischenüberhitzung. Ein Kamin für je zwei Einheiten

3. Die Kondensatoren

Für jede Maschinengruppe ist ein einziger einteiliger Kondensator vorhanden, Durchmesser 4,514 m, Länge der Röhren 8,95 m, Austauschoberfläche 5620 m². Am Ausgang des Kondensators ist der Sauerstoffgehalt des kondensierten Wassers kleiner als $14 \cdot 10^{-6}$ g/kg Wasser. Eine vertikalachsige Pumpe sorgt für die Zirkulation des der Seine entnommenen Kühlwassers (Drehzahl 240 U/m, manometrische Förderhöhe 8,5 m, Fördermenge 5,6 m³/s, Motorenleistung 536 kW). Das Kondensat wird durch zwei vertikalachsige Pumpen (wovon im Normalbetrieb eine Reserve steht) aus dem Kondensator entfernt. Die Luft wird durch zwei Pumpen (wovon eine Reserve) abgesaugt.

4. Die Speisewasser-Aufbereitung

Sie umfasst einen siebenstufigen Vorwärmer und Destillierapparate, die Wasser mit einem Salzgehalt von weniger als 0,5 mg Salz pro kg Wasser liefern. Dieses Wasser wird anschließend entgast bis auf $5 \cdot 10^{-6}$ g Sauerstoff pro kg Wasser.

¹⁾ In andern Kraftwerken ähnlicher Bauart wird die Erregermaschine von der Hauptwelle des Generators über ein Reduktionsgetriebe angetrieben.



Fig. 7

Maschinensaal des Kraftwerkes Porcheville

Die elektrischen Speisewasserpumpen

Jede Gruppe ist mit drei Speisewasserpumpen von je 215 m³/h ausgerüstet (manometrische Förderhöhe 1863 m, Drehzahl 3880 U/m). Die Pumpen sind über eine hydraulische Kupplung und einem Getriebe zur Erhöhung der Drehzahl mit ihren zugehörigen Motoren (2000 PS, 1500 U/m) verbunden. Im Normalbetrieb werden zwei Pumpen benutzt und die dritte dient als Reserve.

Die Brennstoffversorgung

Zufolge seiner Lage in der Nähe von Paris wird das Kraftwerk Porcheville zur Hauptsache mit Kohlen aus Nordfrankreich und aus Lothringen versorgt. Da das Werk unterhalb von Paris an der Seine liegt, ist auch vorgesehen, später Kohlen zu verwenden, welche über das Meer nach Frankreich eingeführt werden, ohne dass die hierzu notwendigen Anlagen bereits erstellt worden wären. Bei der Planung der ganzen Anlage wurde auch die Möglichkeit offen gelassen, das Kraftwerk später eventuell mit Schweröl heizen zu können.

Der Kohlenlagerplatz hat eine Ausdehnung von 8 ha. Die Kohle wird heute mit der Eisenbahn oder mit Schiffen der Flußschiffahrt antransportiert.

Das Lager fasst 400 000 t Kohlen, was für einen dreimonatigen Betrieb ausreicht.

Auf dem Kohlenlagerplatz können pro Arbeitsschicht von

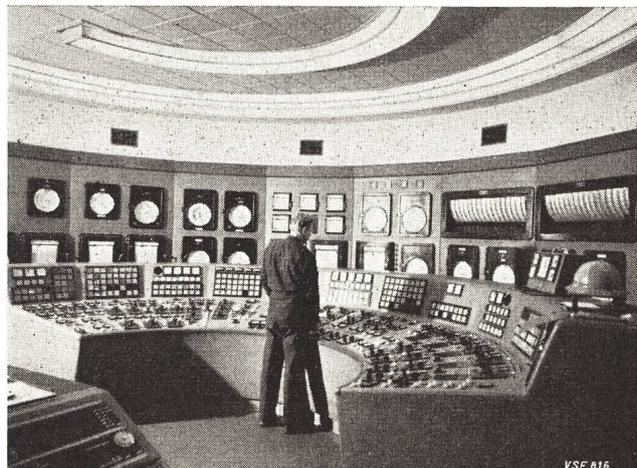


Fig. 8

Einer der beiden Kommandoräume des Kraftwerkes Porcheville

8 Stunden folgende Kohlenmengen entgegengenommen oder umgeschlagen werden:

Anfuhr in normalen Eisenbahn-Kohlenwagen 6000 t
 Anfuhr in Spezialwagen (Selbstlader) 8000 t
 Anfuhr in Kanalschiffen mit 300 t Tragfähigkeit 1800 t
 Anfuhr in Flußschiffen mit 600 oder 1200 t Tragfähigkeit 2500 t
 Transport vom Lagerplatz in die Kesselhausbunker 4000 t
 Die 4000 t entsprechen dem max. Bedarf pro 24 Stunden.

Der Lagerplatz ist für die gleichzeitige Aufnahme von verschiedenen Kohlenarten eingerichtet. Nass angelieferte Kohlen können zum Trocknen gelagert werden. Vor dem Transport vom Lagerplatz in die Kesselhausbunker können verschiedene Kohlenmischungen hergestellt werden. Die Bunker jeder Kesselgruppe fassen 1000 t Kohle.

Die Dampfkessel

Jede Maschinengruppe verfügt über einen Dampfkessel mit folgenden Daten:

Normale Dauerlast 360 t/h
 Vorübergehende Überlast 400 t/h
 Kesseldruck 140 kg/cm²
 Wirkungsgrad rund 89 %
 Höhe der Verbrennungskammer 27 m
 Breite des Kessels 19 m
 Länge des Kesselhauses 120 m
 Höhe des Kesselhauses 44,5 m

Zu jedem Kessel gehören 4 *Kohlemühlen* (davon 1 Reserve) mit einer Leistung von 15 t/h pro Mühle. Der Kohlenstaub wird von den Mühlen direkt den Brennern zugeführt. Jeder Kessel ist mit ferngesteuerten *Druckluft-Russbläsern* (17 kg/cm²) ausgerüstet.

Nach den *Luftvorwärmern* sind im Freien auf dem Boden für die Staubabscheidung *Mehrfachzyklone* und nachgeschaltete *elektrostatische Staubabscheider* aufgestellt; der Gesamtwirkungsgrad der Entstaubung beträgt 98 %. Man ist nun daran, diesen Wirkungsgrad auf 99 % zu erhöhen. In der Nähe von Städten wird die Staubabscheidung immer wichtiger. Die vorstehend angegebenen Wirkungsgrade und sehr hohe Kamine bewirken, dass selbst in der Hauptwindrichtung nur ganz unbedeutende Staubmengen abgelagert werden. Die vom Kraftwerk durch seine Abgase in der Umgebung abgelagerten Staubmengen, gemessen in g pro m² und Monat, sind 10 bis 20 mal kleiner als die normalerweise in grossen Städten abgelagerten Staubmengen.

Die *Saugzugventilatoren* und die Gebläse sind ebenfalls auf dem Boden und zwar zwischen den Staubabscheidern und dem Kamin, aufgestellt. Für je zwei Einheiten ist ein gemeinsamer *Betonkamin* von rund 100 m Höhe erstellt worden.

Die Asche wird in den *Aschenbehältern* der Kessel gesammelt und von dort hydraulisch entfernt und als Auffüllmaterial verwendet. Russ und Flugasche werden auf pneumatischem Wege aufgefangen.

Kühlwasserversorgung

Die Kühlwasserfassung an der Seine ist mit Rechen, rotierenden Filtern und vertikalachsigen Pumpen ausgerüstet. Die Rückgabe des Kühlwassers erfolgt 350 m weiter flussabwärts. Das Kühlwasser wird durch im Boden verlegte Rohrleitungen von 1,7 m Durchmesser von der Pumpstation durch die

Kondensatoren und von dort wieder zur Rückgabestelle geleitet. Die Kondensatoren liegen 8,5 m höher als der tiefste Wasserspiegel der Seine.

Allgemeine Einrichtungen

Die Büros, Werkstätten, Magazine, das Laboratorium und die sozialen Einrichtungen sind auf einer Seite des Kraftwerkgebäudes in Anbauten untergebracht. Die Abmessungen und die Disposition dieser Einrichtungen sind normalisiert.

Verschiedenes

In grossem Umfange sind Betonpfähle von 15 bis 23 m Länge, Eisenkonstruktionen und Fassaden aus Stahlblech angewendet worden.

Wie Figur 7 zeigt, sind die Turbogeneratorgruppen senkrecht zur Längsachse des Maschinensaals aufgestellt. Die beiden Krane haben eine Spannweite von 35 m und jeder Kran ist mit zwei Laufkatzen von 50 t Tragkraft ausgerüstet. Man hat gegenwärtig die Tendenz, diese schweren Hebezeuge wegzulassen und sie durch einen demontierbaren Kran zu ersetzen, mit dem der Stator in den Maschinensaal gebracht und dort auf sein Fundament abgesetzt werden kann. Nach Gebrauch wird dieser demontierbare Kran in ein anderes Kraftwerk verbracht, um dort für die Montage oder Demontage von ähnlich grossen Statoren verwendet zu werden.

Man braucht beim modernen Zentralenbau keinen Aushub mehr, da alle Anlageteile oberhalb des gewachsenen Bodens installiert werden. In Porcheville liegt das Niveau des Hauptbedienungsbodens 8 m oberhalb der Erdoberfläche.

Die Hilfsbetriebe sind alle elektrifiziert und werden entweder mit 5,5 kV oder mit 380 V vom Hauptgenerator aus über einen Eigenbedarfstransformator oder aushilfweise aus dem Netz gespiesen.

Schaltwarten

Das Kraftwerk hat zwei Schaltwarten, in welchen alle Anzeige-, Registrier- und Steuerapparate für je zwei Maschinengruppen in einem Raum zusammengefasst sind (vergl. Fig. 8). Durch diese Lösung, die in bezug auf die gegenseitige Anordnung der einzelnen Apparate und deren Dimensionen noch verbesserungsfähig ist, kann das Bedienungspersonal auf sehr wenige Leute reduziert werden, welche aber unter sehr guten Bedingungen arbeiten.

Die Verminderung der Kosten pro erzeugte kWh

Allgemeines

Die Kosten eines Wärmekraftwerks können in die folgenden drei Hauptgruppen eingeteilt werden:

1. Die durch die Anlagekosten bedingten Jahreskosten, die unabhängig sind von der mehr oder weniger grossen jährlichen Energieproduktion
2. Die festen Betriebskosten
3. Die der erzeugten Energiemenge proportionalen Kosten, d. h. die Brennstoffkosten.

Die unter Ziff. 2 aufgeführten Kosten umfassen die Löhne und Soziallasten für das Personal, die allgemeinen Kosten für Direktion und Verwaltung sowie die Steuern.

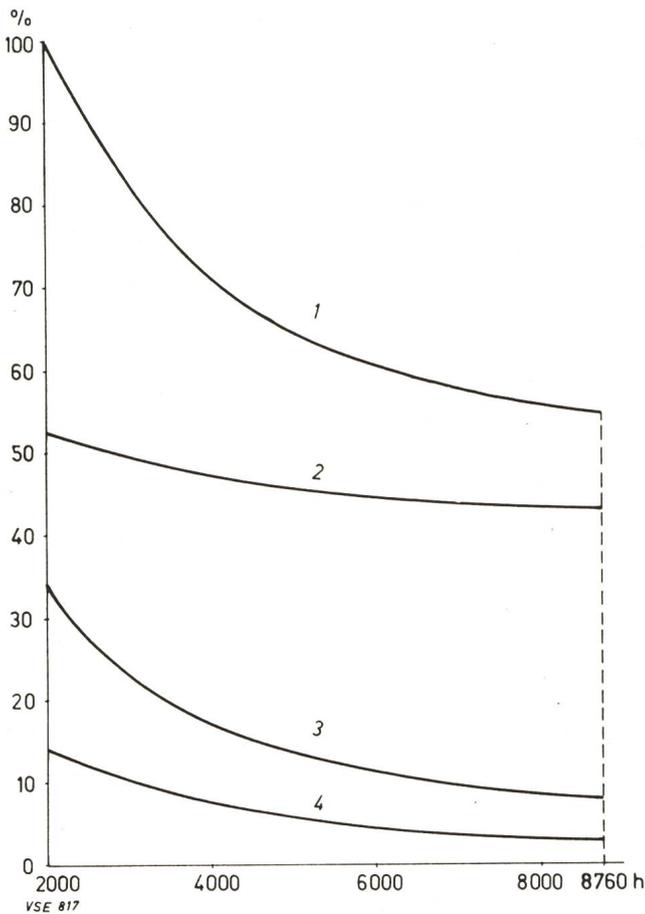


Fig. 9

Die Kosten der von einem «Normal»-Kraftwerk erzeugten kWh, in Abhängigkeit der jährlichen Benutzungsdauer
 1 Gesamtkosten 3 Anlagekosten
 2 Brennstoffkosten 4 feste Betriebskosten

Einfluss der Benutzungsdauer

Die graphische Darstellung in Fig. 9 gibt einen Anhaltspunkt über den Einfluss der Benutzungsdauer auf den Preis der erzeugten kWh (loco Hochspannungsseite des Haupttransformators des Kraftwerks) und die Aufteilung der Gesamtkosten auf die vorerwähnten drei Hauptkostengruppen.

Betrachtet man die Verhältnisse für 5000 h Benutzungsdauer, so ergibt sich folgende Aufteilung der Gesamtkosten:

- Anlagekosten 21 %
- Feste Betriebskosten 9 %
- Brennstoffkosten 70 %

Für einen bestimmten Kraftwerktyp sind die Gestehungskosten pro erzeugte kWh noch von andern Faktoren abhängig als von der jährlichen Benutzungsdauer, so dass die in der Figur gezeigten Kurven nur Richtwerte darstellen; sie zeigen aber doch sehr deutlich, dass man alles Interesse hat, den Brennstoffverbrauch einer solchen Anlage zu vermindern, falls man sie während ihrer Lebensdauer mit hoher Benutzungsdauer betreiben will.

Entwicklung der Anlagekosten pro installiertes kW

Wir wollen nun untersuchen, wie sich die Kosten pro installiertes kW Leistung gesamthaft und unterteilt auf die verschiedenen Kostenelemente im Laufe der Jahre bei den Wärmekraftwerken der EDF entwickelt haben.

Bei den Anlagekosten ist es schwierig, für die vergangenen Jahre einen genauen Vergleich durchzuführen, da die Preise für Löhne und Material stark geändert haben. Die Materialkosten betragen rund 70 % der gesamten Anlagekosten. Trotz diesen Schwierigkeiten können wir folgende Angaben über die Grössenordnung der Anlagekosten machen:

Die Anlagekosten pro kW installierte Leistung sind bei einem Kraftwerk des ersten Plans (2 Gruppen zu 50 MW, 66 kg/cm² 500 °C, zwei Kessel pro Turbogruppe) rund doppelt so gross wie bei einem modernen Normalkraftwerk Typ Porcheville (technische Daten siehe oben). Ein kleineres Kraftwerk von total 50 MW mit zwei Gruppen zu 25 MW, 66 kg/cm², zwei Kessel pro Turbogruppe weist pro installiertes kW 2,5 mal so hohe spezifische Anlagekosten auf wie die Anlage Porcheville. Für die zukünftigen Anlagen mit zwei Gruppen zu je 230/250 MW rechnet man mit spezifischen Anlagekosten, die 10 % kleiner sind als in Porcheville. Man hofft, die spezifischen Kosten bei diesen Grossanlagen noch weiter senken zu können, wenn einmal die Erfahrungen mit den ersten Anlagen ausgewertet sind.

Wenn man ein Dampfkraftwerk für nur zwei Gruppen zu je 125 MW statt für 4 Gruppen zu 125 MW baut, so erhöhen sich die spezifischen Anlagekosten pro kW um 9 %.

Falls das Dampfkraftwerk nicht nur für Kohlenfeuerung, sondern zusätzlich auch noch für Schwerölfeuerung eingerichtet werden muss, so erhöhen sich die spezifischen Anlagekosten je nach Ausrüstung der Ölfeuerungsanlage um 2 bis 3 %. Falls ein Kraftwerk anstatt mit Kohlenfeuerung nur mit Ölfeuerung eingerichtet wird, so senken sich die Kosten um 10 bis 15 %.

Verminderung des Gewichts der Anlageteile

Die Generatoren des Kraftwerkes Nantes mit Wasserstoffkühlung (Druck 1 kg/cm²), mit einer Leistung von 70 MVA pro Maschine, haben ein spezifisches Gewicht von 1,8 t/kVA. Die 156 MVA-Gruppen des Kraftwerkes Creil mit Wasserstoffkühlung 2 kg/cm² wiegen 1,5 t/kVA. Bei den grösseren Gruppen mit 156 MVA im Kraftwerk Nantes, mit Wasserstoffkühlung 3 kg/cm², konnte das spezifische Gewicht auf 1,2 t/kVA vermindert werden.

Diese beträchtliche Gewichtsverminderung bewirkt Ersparnisse bei den Maschinenfundamenten und bei den Hebezeugen.

Ebenso ist in der betrachteten Entwicklungsperiode das Gewicht der Transformatoren durch Verwendung von verlustarmen Blechen, Verbesserung der Kühleinrichtungen und Verwendung besserer Isolierstoffe gesunken. Es wird weiter sinken, wenn man vom einphasigen zum dreiphasigen Typ übergeht, welcher nun allgemein angewendet wird.

Für die Dampferzeugungsanlagen stellt sich das Problem etwas anders. Wenn die Drücke und die Temperaturen steigen, so nimmt das Gewicht pro MW Leistung zu, aber dieser Nachteil wird weitgehend korrigiert durch die Steigerung der Einheitsleistung pro Kessel. Dagegen nimmt der Anteil des Gewichts der Überhitzer und Zwischenüberhitzer am Gesamtgewicht des Kessels zu, weil ein

steigender Anteil des gesamten Wärmeflusses durch diese Anlageteile übertragen wird. Da das Material für die Überhitzer und Zwischenüberhitzer wesentlich teurer ist als das Metall für die übrigen Kesselteile, so haben wir hier einen Faktor, der eine Verteuerung bewirkt.

Verminderung der Flächen und Volumen

Während die 50-MW-Gruppen des ersten Plans mit zwei Kesseln je Maschinengruppe pro MW 50 m² benötigen, sinkt dieser Wert für die 110-MW-Gruppen ohne Zwischenüberhitzer auf 22 m² und für das Normalkraftwerk auf 17 m². In gleicher Weise sinkt das notwendige Volumen für die vorstehend genannten drei Anlagetypen von 1,9 m³ auf 0,97 m³ bzw. auf 0,56 m³ pro MW Leistung.

Entwicklung der festen Betriebskosten

Die im Jahre 1946 von der EDF übernommenen Dampfkraftwerke erforderten pro MW Nettoleistung des Kraftwerks etwas über 4 Mann für *Bedienung und Unterhalt*. Bei den Wärmekraftwerken des ersten Plans ist der Personalbedarf auf 1,4 Mann/MW, bei denjenigen des zweiten Plans auf 0,4 Mann/MW gesunken. Für die neuen grossen Einheiten von 250 MW rechnet man noch mit einem Personalbedarf von 0,25 Mann/MW.

Diese Entwicklung ist nicht überraschend, wenn man an die starke Erhöhung der Einheitsleistungen pro Maschinengruppe und an die Einführung der betrieblich einfachen Blockschaltung denkt.

Für die Demontage der grossen Maschinen bei Hauptrevisionen braucht es nicht viel mehr Personal als für die Demontage einer Maschine kleinerer Leistung. Ferner sind die *Unterhaltskosten* in einem gewissen Sinne vom Maschinengewicht abhängig. Die mehrfache Verwendung gleichartiger Anlageteile in einem Kraftwerk erleichtert und beschleunigt den Unterhalt. Ferner ist in jedem neuen Dampfkraftwerk der EDF ein Vorbereitungsbüro vorhanden, welches die Unterhaltsarbeiten vor Beginn in allen Einzelheiten vorbereitet. Andererseits überwacht der Betriebsdienst des Kraftwerks die im Betrieb befindlichen Anlageteile fortlaufend sehr sorgfältig. Diese beiden Massnahmen ermöglichen es, die Fristen zwischen zwei Revisionen besonders bei den Turbinen zu verlängern und damit die Unterhaltskosten und die Stillstandszeiten zu vermindern.

Während sich die Zahl des beschäftigten Personals vermindert, muss es erhöhten Qualitätsansprüchen genügen und damit erhöhen sich dessen *Löhne*.

Entwicklung der Brennstoffkosten

Bei der dritten Kostengruppe, den der erzeugten Energiemenge proportionalen Kosten, spielen die Brennstoffkosten die Hauptrolle.

Die EDF hat seit 1946 die Zahl der im Betrieb befindlichen Wärmekraftwerke von 75 auf 36 vermindert, während sich die Leistung der im Betrieb befindlichen Wärmekraftwerke gleichzeitig mehr als verdoppelt hat. Durch diese Entwicklung konnte die EDF den Brennstoffverbrauch *pro netto erzeugte kWh* von 5000 kcal auf etwas unter 3600 kcal

reduzieren. Der Brennstoffverbrauch der EDF sinkt jedesmal, wenn eine weitere 125-MW-Gruppe in Betrieb kommt und im Belastungsdiagramm Grundlast übernimmt. Eine Turbogeneratorgruppe von 125 MW verbraucht weniger als 2000 kcal Dampfwärme pro kWh und der verbesserte Wirkungsgrad der Kessel und Transformatoren neuer Dampfkraftwerke ergibt im effektiven Betrieb für das gesamte Kraftwerk einen spezifischen Wärmeverbrauch von 2500 bis 2600 kcal/kWh. Diese Zahl ist übrigens, wie wir gesehen haben, auch noch von der Nutzungsdauer der Anlage abhängig. Bei optimaler Belastung des Kraftwerks während längerer Zeit kann der spezifische Wärmeverbrauch bis auf 2400 kcal/kWh sinken. Der Übergang von 125-MW-Gruppen auf 250-MW-Gruppen ergibt bei verhältnismässig wenig erhöhten Temperaturen und Drücken eine weitere Brennstoffeinsparung in der Grössenordnung von ca. 3 %.

Falls ein Dampfkraftwerk für die Kühlung kein Flusswasser zur Verfügung hat und auf den Betrieb mit Kühltürmen angewiesen ist, so steigt der spezifische Brennstoffverbrauch um ca. 3 %.

Schlussfolgerungen

Als Zusammenfassung über die Entwicklung der Kosten stellen wir fest, dass dank der Erhöhung von Druck und Temperaturen alle drei Kostenelemente, trotz der Teuerung gewisser Materialien, pro erzeugte kWh ständig abgenommen haben. Dieses Resultat war nur möglich dank intensiver Zusammenarbeit zwischen den Maschinenfabriken, den Metallurgen und der EDF.

Gegenwärtige Tendenzen

Dank der Entwicklung der neuen Kraftwerk-ausrüstungen wird der spezifische *Wärmeverbrauch* für die Gesamtheit der Wärmekraftwerke der EDF asymptotisch bis auf 2500 kcal pro erzeugte NettokWh sinken. Ferner nimmt der *Personalbedarf* pro installierte MW Leistung weiter ab.

Weitere Verbesserungen werden auch noch eine weitere Senkung der *Anlagekosten* bewirken. Man kann aber auf diesem Gebiet nicht mehr so starke Verbesserungen erwarten wie sie für die Periode 1946...1956 festgestellt worden sind. Unter Beibehaltung des heute angewendeten Dampfkreislaufs wird man kleinere Einsparungen erzielen können durch Weglassen der Gebäude für die Demontage der Transformatoren, Gewichtsvermindierungen bei einzelnen Anlageteilen, insbesondere Krane und Transformatoren, ferner weitere Vereinfachung der Schemas und verstärkte Normalisierung, welche aber die Entwicklung von wirklichen Verbesserungen nicht verhindern soll.

Das Dampfkraftwerk Bordeaux

Als Beispiel für die neueste Entwicklung und die Anwendung der vorstehend erwähnten Verbesserungen sei noch kurz auf das für Erdgas- und Ölfeuerung vorgesehene Kraftwerk *Bordeaux* eingegangen, dessen Bau im Sommer 1957 begonnen wurde. Das Kraftwerk wird als *Freiluftanlage* erstellt. Da diese Kosten für den Bodenerwerb meist

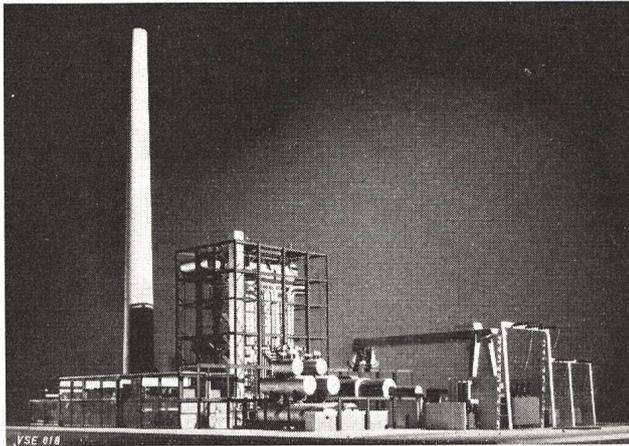


Fig. 10

Modell des thermischen Kraftwerkes Bordeaux
Dieses Kraftwerk, als Freiluftanlage ausgeführt,
ist gegenwärtig im Bau

nur einen sehr geringen Teil der Gesamtkosten eines Wärmekraftwerks ausmachen, können die Baukosten dadurch vermindert werden, dass man möglichst viele Anlageteile in Bodennähe aufstellt statt in die Höhe zu bauen. Dadurch kann man die teuren, für grosse Tragfähigkeit zu dimensionierenden Böden für die verschiedenen Stockwerke einsparen.

In Bordeaux ist der Hauptbedienungsboden 5,5 m über der Erde angeordnet und es gibt keine schweren Zwischenböden, Dächer oder Aussenwände. Man kann heute noch nicht sicher sagen, ob die Anlagekosten durch diese Massnahmen um mehr als 2 bis 3 % vermindert werden konnten.

Die Figuren 10 und 11 zeigen die hauptsächlichsten Anlageteile dieses neuen Kraftwerks, nämlich:

- Turbogruppe (Erregermaschine am einen Wellenende, durch ein Reduktionsgetriebe angetrieben)
- Kessel mit unter Druck stehender Brennkammer
- Abladeplatz zwischen den Schienen der Krananlage (der Ausbau erfolgt auf der andern Seite)
- Haupttransformator und zwei Hilstransformatoren
- Kommandoraum für zwei Maschinengruppen
- Behälter für das kondensierte und entgaste Wasser für zwei Einheiten.

Es erscheint möglich, dass sich bei zukünftigen Anlagen noch weitere Fortschritte und Verbesserungen erzielen lassen.

Einheitsleistung

In erster Linie kommt für die Leistung pro Maschinengruppe eine neue Grössenordnung in Frage. Wir haben weiter oben gesehen, dass im französischen Netz eine Maschinengruppe von 500 MW oder sogar noch mehr ihren Platz hätte.

Höherer Dampfdruck

Abgesehen von den Atomkraftwerken zeichnet sich eine neue Entwicklung ab, von welcher die ersten Anlagen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika bald in Betrieb kommen werden. Unter Beibehaltung des Wasserdampfes als Betriebsmittel werden die Dampfdrücke und Temperaturen unter Verwendung der zweifachen Zwischenüberhitzung wesentlich erhöht. Man hofft damit, den weiter oben mit 2500 kcal/kWh angegebenen Brennstoff-

verbrauch auf 2000 bis 2200 kcal/kWh senken zu können. Die EDF bemüht sich, mit Hilfe der Maschinenfabriken und Metallurgen in dieser Richtung vorzustossen.

Gasturbinen

Diese Maschinenart ist heute bereits stark verbreitet. Es scheint, dass die Gasturbinen für Maschinengrössen von 20 bis 30 MW gegenüber den Dampfturbinen konkurrenzfähig sind. Seit ihrer Gründung hat die EDF Versuche mit Gasturbinen durchgeführt. Die bereits erstellten oder im Bau befindlichen Anlagen dienen als Notstrom-, oder als Spitzengruppen mit sehr kurzer Anlaufzeit und in einigen Fällen mit automatischer Inbetriebsetzung; der Generator kann von der Turbine abgekoppelt werden und als Synchronkompensator verwendet werden. In Verbindung mit andern Übertragungsmitteln (Luft, Wasserdampf) ergeben sich für die Gasturbinen weitere Anwendungsmöglichkeiten.

Eine von der EDF für kleinere Leistungen ebenfalls verwendete Variante der Gasturbine benutzt einen Freikolben-Generator Typ *Pescara* mit einer Einheitsleistung von 900 kW; in Verbindung mit einer Gasturbine haben diese Maschinen einen guten Wirkungsgrad.

Wärmeenergie des Meeres

Die EDF prüft gegenwärtig die Errichtung einer Anlage mit 3500 kW, die pro Tag 7000 m³ Süsswasser erzeugen kann, wenn sie mit einem Oberflächenkondensator ausgerüstet wird.

Sonnenenergie

Trotz den vorhandenen Versuchsausführungen erscheint es wenig wahrscheinlich, dass auf diesem Wege elektrische Energie wirtschaftlich erzeugt werden könnte.

D. : Tr.

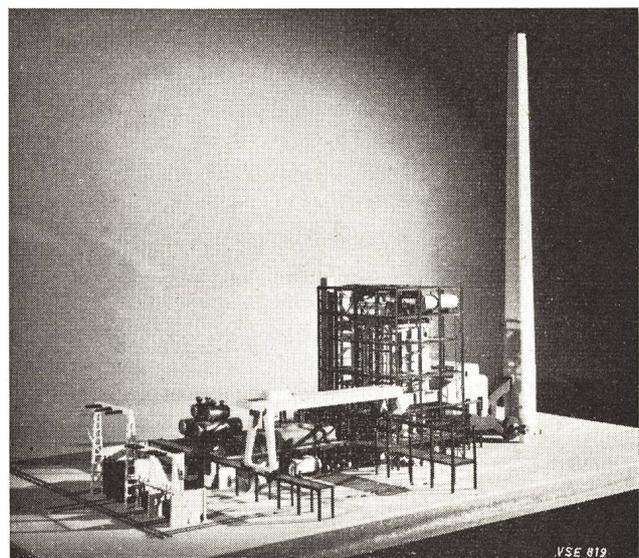


Fig. 11

Modell des thermischen Kraftwerkes Bordeaux

Adresse des Autors:

A. Charbonnier, Controleur général à la Direction de l'équipement, Electricité de France, Paris.

Wirtschaftliche Mitteilungen

Zur Urabstimmung im Naturschutzbund

Der Schweizerische Bund für Naturschutz zählt heute nach einigen tausend Austritten noch immer rund 40 000 Mitglieder. Von diesen haben insgesamt 7780, also etwas weniger als ein Fünftel, an einer internen Abstimmung über die Frage der Stellungnahme zu einer Nationalpark-Initiative teilgenommen. Es ging darum, auf dem Korrespondenzwege die Meinung der Mitglieder festzustellen, ob die bereits von anderer Seite lancierte Nationalpark-Initiative offiziell vom Naturschutzbund zu unterstützen sei.

Von den 7780 Mitgliedern, die sich aufrafften, an einer solchen internen Meinungsbefragung teilzunehmen und eine entsprechend vorbereitete Postkarte einzuschicken, entschieden sich 4077 für die Unterstützung der Initiative, während 3412 sich dagegen aussprachen. Es sind also ziemlich genau 10% aller Mitglieder des Bundes, die erneut nach den beiden Rheinauer Volksbefragungen gegen ein geplantes Kraftwerk eine dritte eidgenössische Volksabstimmung anbegehren.

Um so bedauerlicher war die voreilige inoffizielle Bekanntgabe falscher Abstimmungszahlen aus Kreisen der Initianten. Ein solches Vorgehen konnte nur der Stimmungsmache und Diffamierung der anders denkenden Naturschutzbund-Mitglieder dienen. Ob diese indessen wirklich eine Minderheit darstellen, ist angesichts der sehr schwachen Stimmbeteiligung keineswegs erwiesen. Da sich aber auch die Ja- und Nein-Stimmen selbst sehr nahe kommen, müssen so scharfe Töne gegen die Befürworter eines gemässigten Kurses im Naturschutzbund und für eine Verständigungslösung im Falle der Nutzbarmachung der Unterengadiner Wasserkräfte, wie sie auch vom Bundesrat angestrebt wird, überraschen. Es sieht heute ganz so aus, als ob eine dritte Volksabstimmung mit allen Mitteln durchgezwingt werden soll, womit der Naturschutzbund in einen neuen politischen Grosskampf verstrickt würde. Damit wird es doppelt nötig sein, darüber zu wachen, dass kein «Taler-Geld» aus öffentlichen Sammlungen für Abstimmungszwecke abgezweigt wird, was einer Zweckentfremdung gleichkäme.

Ob der Kampf gegen eine Verständigungslösung am Spül, wo es um die Ausnützung der grössten noch verfügbaren Wasserkräfte unseres Landes geht, die Verhandlungen für einen Heimat- und Naturschutz-Artikel in der Bundesverfassung erleichtert und nicht eher gefährdet, wird die Zukunft erweisen. Für die Unterengadiner Gemeinden und den Kanton Graubünden stellt die Nationalpark-Initiative zudem klar den Versuch eines Eingriffes in die Autonomie dieser Körperschaften dar. Namentlich mit dem Vorgehen der sog. «Lia Naira», die im Unterland Stimmen sammelt, um bereits in Rechtskraft erwachsene und mit grossen Mehrheiten zustande gekommene Beschlüsse der Gemeinden zur Erteilung der Konzessionen wieder umzustossen, werden wohl für die schweizerische Demokratie sehr schwierige Rechtsfragen aufgeworfen. F. W.

Ausstellung «Das Atom» Schipol bei Amsterdam

In Schipol, dem Flughafen von Amsterdam, fand diesen Sommer eine internationale Ausstellung «Das Atom» statt, über die nachfolgend kurz berichtet sei. Bevor der Besucher mit der Kernenergie in Berührung kommt, wird er zunächst mit den klassischen Energiequellen bekannt gemacht. Verschiedene Modelle von Tretmühlen, Windmühlen und Wasserrädern illustrieren die Nutzbarmachung der Muskel-, der Wind- und der Wasserkraft. Im weiteren werden Vergleiche gezogen zwischen Gebrauchsgegenständen von einst und jetzt. Die Nutzung moderner Energieformen veranschaulichen eine Dampfmaschine, ein Elektromotor, ein Dampfauto, ein Auto mit Verbrennungsmotor, ein Dieselmotor, ein modernes Motorboot usw. In einer weiteren Abteilung werden die neuesten Verwirklichungen gezeigt, wie ein Sonnenofen, das französische Sonnenkraftwerk, das Modell eines Gezeitenkraftwerkes usw. Hat sich der Besucher mit allen diesen Energiequellen vertraut gemacht, kann er auf grossen Tabellen sehen, wie der Energiebedarf der Welt voraussichtlich zunehmen und die Kohlen- und Ölvorräte abnehmen werden; etwa im Jahre

2150 wird der Energiebedarf ohne Atomkraft nicht mehr gedeckt werden können.

Daraufhin wird das Modell eines Uranatoms gezeigt, anhand dessen der Aufbau des Atoms dargestellt wird (Protonen, Neutronen und Elektronen). Ein weiteres Modell veranschaulicht die Dimensionen im Atom: eine kreisförmige Neonröhre von 7 m Durchmesser, in deren Mitte eine walnussgrosse Kugel den Atomkern vorstellt. Die Demonstration des Aufbaues der Materie Atom-Kern-Atom-Molekül-Materie erfolgt mit Hilfe eines Kristalls. Am «Lauf-Ende» eines Gerätes, das einer Flab-Kanone gleicht, befinden sich blaue und rote Lämpchen (Protonen und Neutronen), die nach Belieben ein- und ausgeschaltet werden können. Um diesen Kern können je nach Wunsch 1..7 Elektronen auf verschiedenen Ebenen zum Kreisen gebracht werden. Auf diese Weise wird durch den Führer recht anschaulich ein Atom nach dem andern konstruiert. Hierauf erfolgt die Erklärung der Isotopen anhand einiger Modelle. Nachher wird dem Besucher die eigentliche Kernspaltung erläutert und er sieht, wiederum anhand von Modellen, eine unkontrollierte und eine kontrollierte Kettenreaktion.

Nach diesem Exkurs in die Wissenschaft kann der Besucher mit der praktischen Seite vertraut gemacht werden. Zuerst wird ihm der Geiger-Zähler als Detektor der Radioaktivität erklärt, dann das Modell eines Uran-Bergwerkes gezeigt. Die Stufen der geschichtlichen Entwicklung werden veranschaulicht durch ein Bild von *Demokrit*, das Laboratorium der *Frau Curie*, den Arbeitstisch Prof. *Hahns* und ein Bild *Einsteins*. Den Höhepunkt der Ausstellung bildet ein in Betrieb stehender Swimming-Pool-Reaktor. Daneben sind zahlreiche Reaktor-Modelle zu sehen, ebenso ein Modell der CERN-Anlage in Genf, ein Modell eines Atom-Schiffes usw. In einer letzten Abteilung sind die Anwendungsmöglichkeiten der radioaktiven Spaltprodukte (Isotopen) in Medizin und Landwirtschaft zu sehen.

Abschliessend sieht man eine Zukunftsküche, wo ausgesprochen alle Vorrichtungen mit einem Druck auf den rechten Knopf ausgeführt werden. Kästen, Eisschränke usw. sind automatisch versenkbar. Ein ferngesteuerter Servierboy bringt alles ins Esszimmer. Ein automatisch ausgeworfenes Lochkartenrezept wird irgendwo hineingeschoben und schon kommt eine Schüssel an und die erforderlichen Mengen Mehl, Milch, Zucker usw. fliessen von irgendwoher automatisch in diese Schüssel. Das Ganze ist vollkommen unreal und phantastisch!

D. M.

«Die Erzeugung elektrischer Energie — eine nationale Schicksalsfrage»

Schweizer-Woche-Ausstellung unter dem Patronat des VSE bei der Firma Jelmolli in Zürich

Obschon die elektrische Energie längst zum Allgemeingut geworden ist und täglich benützt wird, ist in weiten Kreisen unserer Bevölkerung noch zu wenig bekannt, welche Schlüs-



VSE 822

Fig. 1
Eingang zur Ausstellung

selbstellung der Elektrizität in unserem Wirtschaftsleben zukommt. Es ist in der Tat keine Übertreibung, wenn man feststellt, dass ohne elektrische Energie eine moderne Gütererzeugung kaum mehr möglich ist. Wollen wir nicht den guten Gang unserer Wirtschaft und damit das Wohlergehen jedes einzelnen aufs Spiel setzen, so heisst das, dass die Elektrizitätswerke im Sinne einer nationalen Aufgabe alles daran setzen müssen, um, angesichts des immer noch stark zunehmenden Stromverbrauchs, neue Produktionsmöglichkeiten zu schaffen. Solange uns die Atomenergie noch nicht zur Verfügung steht, und dies wird noch mehrere Jahre dauern, sind also die Werke gezwungen, unsere Wasserkräfte rasch auszubauen. Dieser notwendige Ausbau der Wasserkräfte droht heute in erster Linie durch die Lage auf dem Kapitalmarkt, aber auch durch falsche Vorstellungen über den baldigen Einsatz der Atomenergie erschwert zu werden. Es ist deshalb die Pflicht der Elektrizitätswerke, die Öffentlichkeit von der Dringlichkeit der Beschaffung des notwendigen Kapitals für den Ausbau der Wasserkräfte zu überzeugen.

Diese Überlegungen haben den Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke und die Firma Jelmoli in Zürich veranlasst, die alljährliche Ausstellung dieses Warenhauses im Rahmen der Schweizer Woche in den Dienst der Aufklärung zu Gunsten des Kraftwerkbaues und dessen Finanzierung zu stellen. Die als thematische Schau aufgebaute Ausstellung, die vom 19. Oktober bis 2. November dauerte, hat sowohl beim Publikum als auch in der Presse eine gute Aufnahme gefunden und wurde von gegen 30 000 Personen besucht.

Um die Bevölkerung auf die Ausstellung aufmerksam zu machen, wurde auf dem Trottoir an der Bahnhofstrasse, vor dem Haupteingang des Geschäftshauses Jelmoli, ein grosses Peltonrad aufgestellt. Die Ausstellung selbst war im 2. Stock des Warenhauses zu sehen; sie beanspruchte ca. 500 m² des Stockwerkes. Sie bestand im wesentlichen aus 5 Abschnitten.

Die Einleitung bildete ein *kurzer historischer Überblick* vom Wasserrad zu den heutigen modernen Zentralen, wobei unter anderem auch darauf hingewiesen wurde, dass die Elektrizität es unserer Industrie ermöglichte, im zweiten Weltkrieg wirtschaftlich durchzuhalten.

Ein zweiter Abschnitt beleuchtete den *Kraftwerkbau* und die Probleme, die sich hierbei stellen. Neben Darstellungen von Hochdruck- und Niederdruckwerken sowie verschiedenen Staumauertypen wurde auf die gewaltigen Stollenbauten für die Kraftwerke, den Bau der Staumauern, das Transportproblem zur Versorgung der hochalpinen Arbeitsplätze usw. hingewiesen. Dass der Kraftwerkbau zwar das Landschaftsbild verändert, dabei aber viele neue reizvolle Landschaften entstehen, wurde durch Bilder belegt.

Ein dritter Teil der Ausstellung stand unter dem Motto: *«Elektrizität erleichtert das Leben»*, wobei neben einigen bildlich dargestellten Anwendungsmöglichkeiten der Elektrizität auch auf die besondere Stellung der elektrischen Energie in der Preisentwicklung der letzten Jahre hingewiesen wurde: Während alle andern Produkte starke Preis-



Fig. 2

Ausschnitt aus der Abteilung über Kraftwerkbau



Fig. 3

«Das Gebot der Stunde: Wasserkraft und Atomkraft»

erhöhungen erfahren haben, ist die elektrische Energie in den letzten 50 Jahren billiger geworden.

Der vierte Abschnitt zeigte, wie viele Familien unserer Elektrizitätswirtschaft ihr Brot verdanken und welches *Kapital* heute in der Elektrizitätswirtschaft investiert ist. Es wurde auch um Verständnis dafür geworben, dass der notwendige Weiterausbau unserer Wasserkräfte nur dann möglich ist, wenn die erforderlichen Kapitalien dafür aufgebracht werden.

Die Ausstellung schloss mit einem *Ausblick auf die Zukunft* unserer Elektrizitätsversorgung, wobei durch graphische Darstellungen und Texte versucht wurde, dem Publikum klarzumachen, dass sich die Elektrizitätswerke zwar heute schon auf den Einsatz der Atomenergie vorbereiten, diese aber erst in einigen Jahren an unsere Energieversorgung beitragen kann.

Von verschiedenen Seiten wurde angeregt, die Ausstellung als Wanderausstellung einer breiten Öffentlichkeit, vor allem aber der heranwachsenden Jugend in allen grösseren Städten der Schweiz zu zeigen. Ein erster Schritt in dieser Richtung wurde bereits getan, indem ein Teil des Ausstellungsgutes vom 8. bis 15. November 1957 bei den industriellen Betrieben der Stadt Aarau gezeigt wurde. In den nächsten Monaten wird die Ausstellung voraussichtlich in Basel, St. Gallen und an weiteren Orten zu sehen sein.

Wi.

Zweite Aussprache von Chefredaktoren mit Werkdirektoren

Am 13. November 1957 fand in Olten im Hauptquartier der ATEL eine zweite Begegnung einiger Chefredaktoren mit den Mitgliedern der Aufklärungskommission des VSE statt. An Diskussionsstoff fehlte es dieser Konferenz am runden Tisch nicht. So kamen von der Versorgungslage im Winter 1957/58, vom ständigen Wettrennen zwischen Verbrauch und Produktion bis zur neuen Situation auf dem Kapitalmarkt und der auf der Werkseite als notwendig betrachteten Tarifanpassungen nacheinander alle aktuellen Fragen der Sicherstellung unserer Elektrizitätsversorgung zur Sprache. Wertvoll und als Mahnung nicht zu überhören war für die Werkvertreter die kategorische Feststellung von der Presseseite, dass *bei dieser immer noch ein Bedürfnis nach vermehrter Information vorhanden sei*. Immer wieder kam im Verlauf des beidseitig sehr offen geführten Gesprächs zum Ausdruck, von wie eminenter Bedeutung das persönliche Vertrauen und die Kenntnis der beidseitigen Arbeitsatmosphäre für eine Verbesserung der Information ist. Hierzu bedarf es weniger neuer Einrichtungen als der Überzeugung, dass es sich bei der systematischen Unterrichtung der öffentlichen Meinung um eine von jedem einzelnen Werk wie auch vom VSE und den übrigen Verbänden zu erfüllende neue Aufgabe handelt. Die Werke werden an dieser Informationsaufgabe um so mehr Freude gewinnen und daraus um so mehr Nutzen für die Elektrizitätswirtschaft als Ganzes ziehen, je mehr sie sich im Laufe der Zeit auch mit den Arbeitsmethoden und Möglichkeiten unserer so vielgestaltigen Tagespresse vertraut machen.

F. W.

Verbandsmitteilungen

Aus der Arbeit der Kommission des VSE für Energietarife

Die tiefen Wandlungen, die sich gegenwärtig in der Struktur des Energiemarktes vollziehen, spiegeln sich in den Arbeiten der *Kommission des VSE für Energietarife* wieder. Die Einzelfragen tariftechnischer Natur, die jahrelang in der vorersten Reihe der Verhandlungen standen, haben eher an Bedeutung verloren, gegenüber den Problemen grundsätzlicher Art, die sich heute den leitenden Organen unserer Elektrizitätswerke stellen. Eine der vordringlichsten Aufgaben der Gegenwart ist die *Anpassung der Energiepreise an die stark gestiegenen Selbstkosten und an die veränderte Struktur des Bedarfes*. Wohl vermögen einzelne Korrekturen der bestehenden Tarife vorübergehend eine Lösung zu geben; auf die Dauer kann aber nur eine von Grund auf die tatsächlichen Gegebenheiten des Energiemarktes einerseits und der Energiebeschaffung im weitesten Sinne des Wortes andererseits berücksichtigende Gesamtkonzeption befriedigen.

In diesem Sinne hat die Kommission einen ersten Gedankenaustausch über die Energiepreise im allgemeinen gepflegt, dem sich weitere Diskussionen anschliessen werden, mit dem Ziele, den Mitgliedern des VSE das Ergebnis dieser Betrachtungen und Untersuchungen zur Verfügung zu stellen.

Daneben hatte sich aber die Kommission auch mit Einzelfragen zu befassen, die heute von besonderer Aktualität sind. Über zwei dieser Fragen liegen bereits fertige Berichte vor, die vom Vorstand genehmigt wurden.

Der erste Bericht betrifft die *Waschmaschinen* und ähnlichen Wärmeanwendungen mit hohem Leistungsbedarf, kurzer Gebrauchsdauer und starker Gleichzeitigkeit im Gebrauch. Diese Energieverbraucher nehmen an Verbreitung zu. Ihre Eigenart, über deren Einzelheiten die Studie eingehend berichtet, rechtfertigt in der Regel eine besondere Behandlung und die Anwendung von Massnahmen betrieblicher Art, um nach Möglichkeit eine ungünstige Beeinflussung der Netzbelastung zu vermeiden. Die Studie schliesst mit Empfehlungen über die tarifliche und betriebliche Behandlung der Waschmaschinen ab.

Die zweite Studie betrifft die *Form der Energietarife für Wiederverkäufer*. Die darin enthaltenen Empfehlungen sind das Ergebnis ausgedehnter Untersuchungen über die bestehen-

den Tarife dieser Art und sehr eingehender Aussprachen im Schosse der Kommission.

Schliesslich sei noch auf den kürzlich herausgegebenen Bericht der Tarifkommission hingewiesen, der den Einheitstarif für das mit dem Haushalt verbundene Kleingewerbe zum Gegenstand hat.

Die erwähnten Studien können von den Mitgliedwerken beim Sekretariat des VSE, Postfach Zürich 23, bezogen werden. Mo.

80. Meisterprüfung

Vom 15. bis 18. Oktober 1957 fand in der *Ecole d'Agriculture de Marcelin* in Morges die 80. Meisterprüfung für Elektroinstallateure statt. Von insgesamt 35 Kandidaten aus der deutschen und französischen Schweiz haben folgende die Prüfung mit Erfolg bestanden:

Amherd Albert, Brig
 Bonetti Robert, Meggen
 Chevallier Jean, Lausanne
 Dällenbach Maurice, Ecublens
 Dupertuis Samuel, Crebelley-Naville
 Emery Jean-Louis, Lausanne
 Fracheboud Gilbert, Epagny
 Gilliéron William-Louis, Carouge-Genève
 Girod Walter, Moutier
 Glanzmann Hans, Solothurn
 Grangier Léonard, Vuadens
 Hagen Ernst, Winterthur
 Hauri Max, Rheinfelden
 Hofmann Karl, Winterthur
 Huber Josef, Entlebuch
 Kaufmann Hans, Solothurn
 Linder Fritz, Bern
 Locatelli Max, Genève
 Ruppen Hubert, Naters
 Sapin Paul, Romont
 Schmid Hans, Zuchwil
 Schneider Edouard, La Chaux-de-Fonds
 Vauthey Ernest, Châtel-St-Denis
 Vernet Claude, Genève
 Weber Eugen, Winterthur

Meisterprüfungskommission VSEI/VSE

Aus dem Kraftwerksbau

Fertigstellung der Gougra-Staumauer

Die neue Gougra-Staumauer wurde kürzlich im Eifischtal (Wallis) fertiggestellt. Die als Bogenmauer ausgeführte Staumauer hat eine Höhe von 145 m, eine Kronenlänge von 610 m und eine Betonkubatur von 810 000 m³. Der nutzbare Wassereinhalt des Stausees beträgt 72 Millionen m³, entsprechend

einem Energievorrat von 256 Millionen kWh. Im Endausbau werden die Zentralen Motec, Vissoie und die schon früher bestehende Zentrale Chippis-Navisence eine maximal mögliche Leistung von insgesamt 164 MW und eine mittlere jährliche Erzeugungsmöglichkeit von 555 Millionen kWh, wovon 336 Millionen kWh im Wintersemester und 219 Millionen kWh im Sommersemester, besitzen.

Literatur

«Production, transport et distribution de l'électricité en Europe»

Die «*Agence Européenne de Productivité (AEP)*» der *Organisation für europäische Wirtschaftszusammenarbeit (OECE)* hat kürzlich unter dem Titel «Production, transport et distribution de l'électricité en Europe» den Bericht der sog. «Mission 350» veröffentlicht. An dieser Studienreise nahmen neben sechs USA-Vertretern zwanzig Fachleute aus zwölf europäischen Ländern teil. Im Laufe einer über 9500 km langen Reise in Europa besichtigte die Mission 350 vom 16. April bis zum 25. Mai 1956 zahlreiche Kraftwerke und Verteilanlagen, sowie einige Forschungs- und Versuchszentren.

Ziel der Mission 350 war, den amerikanischen und europäischen Teilnehmern einen Überblick über die in der letzten Zeit in Europa gebauten Anlagen zu vermitteln, und ihnen einen Begriff der seit Ende des zweiten Weltkrieges auf dem Gebiete der thermischen und hydraulischen Erzeugung sowie des Verbundbetriebes erzielten Fortschritte zu geben.

Der erste Teil des Berichtes ist einem Gesamtbild der gegenwärtigen Lage der europäischen Elektrizitätswirtschaft, insbesondere hinsichtlich des Verbundbetriebes in den einzelnen Ländern und der internationalen Zusammenarbeit gewidmet. In der Folge werden die Probleme aufgezählt, die sich heute in allen Ländern stellen und deren Lösung durch eine engere internationale Zusammenarbeit gefördert werden könnte: Brennstoffmangel, Nachwuchsprobleme, Planung auf weite Sicht, Kernenergie.

Der zweite Teil enthält Berichte über die einzelnen Länder; diese Berichte sind eine Zusammenfassung der Referate, die vor den Teilnehmern der Mission 350 von den Fachleuten der besuchten Länder gehalten wurden.

In einer Beilage findet man unter anderem statistische Angaben über die besuchten Länder und eine Notiz über die Ziele der «Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité (UCPTE)». Diese sehr interessante Publikation kann nur empfohlen werden. Sa.

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, Zürich 1, Postadresse: Postfach Zürich 23, Telefon (051) 27 51 91, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrunion Zürich.

Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

Sonderabdrucke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.