Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 50 (1958)
Heft: 5-7

Artikel: Die Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens
Autor: Filipovic, Bozidar
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921906

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: 17.05.2025

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

Die Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens

Dipl. Ing. *Božidar Filipović*, Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Elektrizitätswirtschaft in Zagreb

Einleitung

Das heute 255 804 km² große und von 18,160 Mio Menschen bewohnte Jugoslawien war vor dem Zweiten Weltkrieg ein überwiegend landwirtschaftlich orientiertes Land mit einer sehr schwach entwickelten Industrie. Dies zeigt am besten die Elektrizitätswirtschaft des Landes, die im Jahre 1939 nur eine Erzeugung von etwas mehr als einer Milliarde Kilowattstunden erreichte. Die bedeutenden Rohstofflager sowie der große Wasserkraftreichtum lagen unausgenützt, so daß der Stromverbrauch damals nur 74 kWh/Einwohner betrug. Nach dem Zweiten Weltkrieg, welchem zunächst ein Zeitraum des Wiederaufbaus des durch den Krieg zerstörten Landes folgte, begann eine intensive Industrialisierung und Elektrifikation des Landes. Das Resultat dieses zielbewußten Aufbaues sowohl im technischen als auch im wirtschaftlichen Sinne ist am besten an dem rapiden Aufstieg der Elektrizitätswirtschaft zu erkennen. Dieses Land mit seinen bekannten Naturschönheiten, seinen reichen Kunstschätzen als Zeugen orientalischer, byzantinischer und römischer Kultur, mit seinen kleinen Dörfern, die umgeben sind von grünen Weiden, auf denen zahlreiche Herden grasen, dieses Land mit seinen ruhigen kleineren und mittelgroßen Städten als Zentrum des Kulturlebens des jugoslawischen Volkes, erhielt in dem verhältnismäßig kurzen Zeitabschnitt von 1945 bis heute eine bedeutende und sichtbare Prägung durch die sich rasch entwickelnde und aufstrebende Industrialisierung.

Die verhältnismäßig großen Unterschiede in der Intensivierung der vorkriegszeitlichen Elektrifizierung einzelner Gebiete des Landes, die geringe Ausnützung der bestehenden Kraftwerke und der kleine spezifische Energieverbrauch des Landes bildeten eine sehr bescheidene Elektrifizierungs-Grundlage. Trotzdem konnte man schon in den ersten zehn Jahren einen großen Fortschritt in der Elektrifizierung des Landes feststellen, so daß Jugoslawien in dieser Beziehung und während dieses Zeitintervalls in der vordersten Reihe der europäischen Länder steht. Dies beweist am besten der Verbrauch elektrischer Energie, dessen durchschnittlicher jährlicher Zuwachs 18% beträgt, wobei zu unterstreichen ist, daß in einzelnen zurückgebliebenen Gebieten des Landes der Verbrauchs-Zuwachs den durchschnittlichen noch bedeutend übertraf. Trotz einer solchen intensiven Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft blieb die Erzeugung der elektrischen Energie eine Zeit lang hinter dem Bedarf zurück. Mit der schnell fortschreitenden Entwicklung der Schwerindustrie, der elektrochemischen, elektrothermischen und anderen Industrien konnte die Elektrizitätswirtschaft schwer Schritt halten, so daß noch vor kurzem der stark wachsende Strombedarf nicht zur Gänze durch die neu errichteten elektrischen Erzeugungs- und Verteilungsanlagen gedeckt werden konnte. So mußte die bei einer hohen Ausnutzung der Kraftwerke noch vorhandene Leistungsreserve sehr niedrig gehalten werden, die Versorgung des Verbrauchers mußte sogar teilweise ohne irgendwelche jahreszeitlichen oder operativen Leistungsreserven vor sich gehen.

Eine der wichtigsten Grundlagen für die intensive Elektrifizierung des Landes war durch das Gesetz des Entwicklungsplanes der Volkswirtschaft Jugoslawiens für die Jahre 1947—1951 (Fünfjahresplan) gegeben. Durch dieses Gesetz wurde die gesamte Nationalwirtschaft des Landes vor die Aufgabe gestellt, durch intensive Industrialisierung und Elektrifizierung baldmöglichst die technische und wirtschaftliche Rückständigkeit des Landes zu eliminieren, die Volkswirtschaft zu festigen und den sozialen Aufbau Jugoslawiens zu ermöglichen.

Die Bedingungen für die Entwicklung einer rationellen und ökonomischen Elektrifizierung des Landes waren durch die verfügbaren natürlichen Energiequellen sehr günstig. Das Wasserkraftpotential Jugoslawiens wird für das durchschnittliche hydrologische Jahr auf rund 110 TWh[1] geschätzt. Davon entfallen auf ausnutzbare Energie etwa 60 bis 90 TWh [1]. Nach der neuesten wasserwirtschaftlichen Untersuchung kann

[1] 1 TWh = 1 Mrd kWh

[1] Hinweis auf Literatur am Ende dieses Aufsatzes

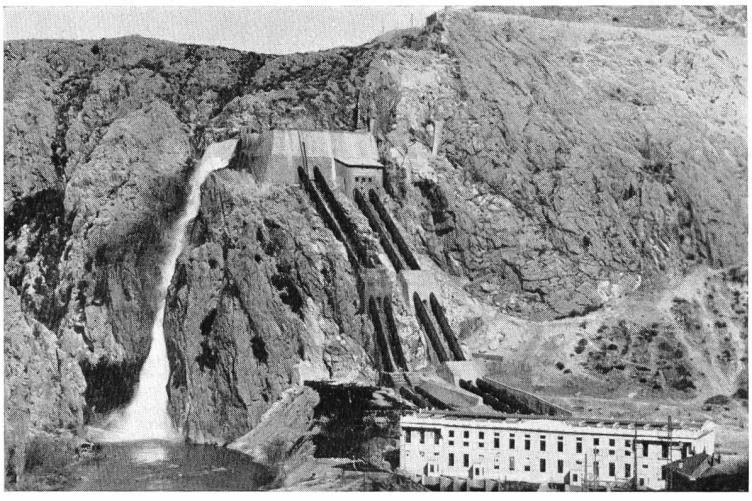

Bild 103
Hochdruckkraftwerk Kraljevac an der Cetina in Kroatien.

man als technisch verwertbare Wasserkräfte des Landes 66 TWh und als wirtschaftlich ausbaufähige 50 bis 60 TWh annehmen. Diese Zahlen beweisen, daß Jugoslawien im Vergleich zum europäischen Durchschnitt als ein sehr wasserkraftreiches Land bezeichnet werden kann.

Die verfügbaren Kohlenvorräte des Landes bilden ebenfalls eine wichtige Rohstoffgrundlage für die Elektrifizierung. Auf Grund von Schätzungen betragen die ausnutzungsfähigen Kohlenreserven 21 640 Mio Tonnen [2]. Davon entfallen etwa 90% auf Lignit und 9% auf Braunkohle, so daß die Steinkohle nur mit 1% in den Kohlenvorräten Jugoslawiens vertreten ist. Es bestehen jedoch Anzeichen, daß die Reserven auch bedeutend größer sein könnten. Für die Elektrifizierung des Landes ist es wichtig und günstig, daß die Kohlenvorkommen über den größten Teil des Landes verstreut liegen. Die bedeutendsten Kohlenlager befinden sich in Mittelbosnien, Ost- und Südserbien und in den nordwestlichen Teilen des Landes, wo gleichzeitig auch die größten Steinkohlenbecken liegen. Die territoriale Verteilung der Energiequellen ist aus den Bildern 92 und 95, Seiten 166 und 168, ersichtlich.

Die anderen natürlichen Energievorräte sind zurzeit für die Elektrifizierung des Landes ohne Bedeutung.

Die Organisation der jugoslawischen Elektrizitätswirtschaft

Die gesamte Stromversorgung Jugoslawiens liegt ausnahmslos in den Händen der Gemeinschaft, ungeachtet, ob es sich um die öffentliche Stromversorgung oder um Industriekraftwerke, von welchen einige den Strom teilweise auch ins öffentliche Netz abgeben, handelt. Der bedeutendste Anteil an der öffentlichen Stromversorgung lag noch vor kurzem in den Händen der Vereinigten Elektrizitätswirtschaftsunternehmungen, welche über große Elektrizitätswerke, Hochspannungsübertragungsleitungen und Umspannwerke sowie auch über die Verteilungsanlagen und Niederspannungsnetze verfügten. Nur ein unbedeutender Anteil der Stromversorgung erfolgte durch kleinere Elektrizitätswerke mit lokalen Verteilungsnetzen, welche in den Händen der Gemeinden lagen.

Ende 1957 wurde die Organisation der Vereinigten Elektrizitätswirtschaftsunternehmungen durch ein neues Gesetz auf eine neue Grundlage gestellt [3]. Die den elektrischen Strom erzeugenden und verteilenden Unternehmungen blieben in der bestehenden Organisation der Vereinigten Jugoslawischen Elektrizitätswirtschaftsunternehmungen, dagegen erhielten die Distributionsunternehmungen, die den elektrischen Strom an die Klein- und Mittelabnehmer verkaufen, kommunalen Charakter. Das Gesetz stützt sich auf die derzeitige und zukünftige Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft und — die bisherigen Erfahrungen berücksichtigend — umreißt es die Grundideen der Organisation der Elektrizitätswirtschaftsunternehmungen als selbständige ökonomische Einheiten mit Arbeitsselbstverwaltung und bezieht in die Verwaltung der Elektrizitätswirtschaft den direkten Einfluß der Gemeinschaft und der Verbraucher ein. Dieses Gesetz erstrebt weiterhin, die Versorgungsökonomie in der Elektrizitätswirtschaft zu fördern und insbesondere den rationellen planmäßigen Ausbau der neuen Anlagen zu sichern. Somit sind zurzeit die Erzeugungs- und Übertragungsunternehmungen in jeder der sechs jugoslawischen Republiken verbindlich in dem Verband der Elektrizitätsunternehmungen zusammengefaßt, wobei diese Verbände den Verband der jugoslawischen Elektrizitätswirtschaft mit Sitz in Belgrad bilden. Die Schaffung einer Verbindung der Distributionsunternehmen ist augenblicklich im Sinne des neuen Gesetzes noch im Gange.

Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie

Für die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft eines jeden Landes ist in erster Linie die Entwicklung der Erzeugung und des Verbrauches elektrischer Energie sowie der Fortschritt im Ausbau der elektrischen Versorgungsanlagen kennzeichnend. Die Gesamterzeugung der elektrischen Energie betrug auf dem heutigen Territorium Jugoslawiens nach den sorgsam durchgeführten Schätzungen gegen 500 GWh im Jahre 1919, wovon rund die Hälfte auf die Wasserkraftenergie entfiel. Im Jahre 1939 stieg die Gesamterzeugung auf 1100 GWh, was einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von 6% entspricht. Nach dem Zweiten Weltkrieg, in welchem eine größere Anzahl Kraftwerke, Umspannwerke und Leitungen beschädigt und betriebsunfähig wurden, erreichte man den vorkriegsmäßigen Stand im Jahre 1946 mit einer Erzeugung von 1160 GWh, eine Erzeugung, welche im Jahre 1957 auf 6250 GWh stieg, was einem durchschnittlichen Zuwachs von

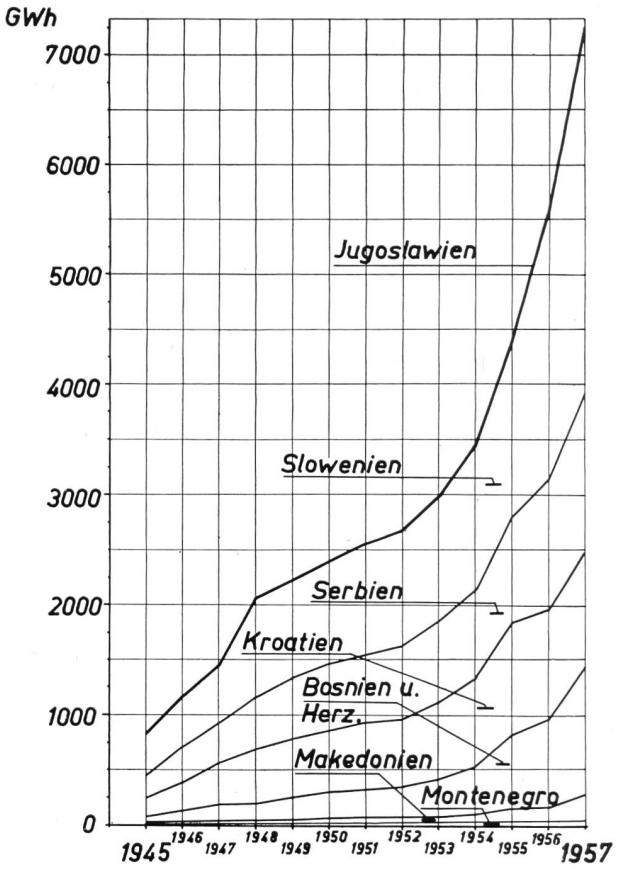

Bild 105 Die Entwicklung der Erzeugung elektrischer Energie in Jugoslawien und in den einzelnen Republiken.

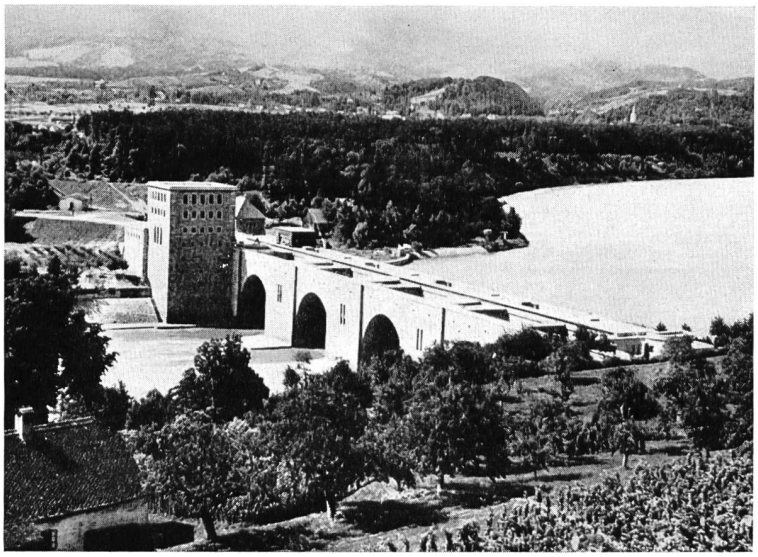

Bild 104 Flußkraftwerk Mariborski Otok an der Drau in Slowenien (Pfeilerkraftwerk).

Entwicklung der gesamten Erzeugung elektrischer Energie in Jugoslawien
(von 1939 bis 1957)

Tabelle 1a

Jahr	Installierte Leistung MW			Jährliche Erzeugung ab Generator in GWh			Erzeugung pro Einwohner in kWh
	Wasserkraft	Wärmekraft	Insgesamt	Wasserkraft	Wärmekraft	Insgesamt	
1939	198	322	520	566	607	1173	74
1945	211	313	524	316	501	817	54
1946	207	316	523	478	682	1160	75
1947	211	317	528	595	863	1458	93
1948	281	348	629	1045	1020	2065	130
1949	285	366	651	1021	1198	2219	138
1950	290	372	662	1234	1175	2409	148
1951	296	366	662	1354	1191	2545	154
1952	342	400	742	1427	1267	2694	161
1953	429	424	853	1515	1487	3002	177
1954	499	474	973	1805	1646	3451	200
1955	646	502	1148	2611	1765	4379	249
1956	721	703	1424	2870	2178	5048	282
1957	947	737	1684	3521	2704	6225	342

Entwicklung des Verbrauches elektrischer Energie in Jugoslawien
(von 1951 bis 1957)

Tabelle 1b

Jahr	Verfügbare elektr. Energie in GWh	Energieverwendung in GWh							
		Haushalt und Gewerbe	öffentliche Beleuchtung	Allgemeine Industrie	Elektrochem. u. metallurg. Industrie	Elektrische Traktion	Energieausfuhr	Eigenverbrauch	Übertragungsverluste
1951	2555	431	20	1186	409	38	29	111	331
1952	2752	408	23	1282	439	43	56	114	387
1953	3040	466	29	1439	425	49	81	128	423
1954	3469	598	36	1613	465	48	82	165	462
1955	4379	761	40	1974	772	58	44	185	545
1956	5048	956	44	2265	816	59	69	283	556
1957*	6225	1221	49	2992	860	70	145	316	572

* Die Verbrauchszahlen für das Jahr 1957 sind noch nicht endgültig bekannt.

Die Unterschiede zwischen der verfügbaren Energie der Tabelle 1b und der Erzeugung der Tabelle 1a betreffen die Einfuhr elektrischer Energie.

jährlich 16,5% entspricht. Die Entwicklung der Erzeugung und des Verbrauches elektrischer Energie in den letzten 12 Jahren ist aus der Tabelle 1 und aus Bild 105 ersichtlich [4].

Wie aus den Tabellenzahlen ersichtlich, kam es zu einer größeren Strukturänderung in der Erzeugung erst im Jahre 1955, als eine Anzahl von größeren Wasserkraftwerken in Betrieb genommen wurde. Aus der Struktur des Verbrauches kann errechnet werden, daß der spezifische Verbrauch im Lande von 67 kWh im Jahre 1939 auf 288 kWh pro Einwohner im Jahre 1957 gestiegen ist [2].

Die für die jugoslawische Elektrizitätswirtschaft charakteristischen Betriebszahlen sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

Ausnutzungszahlen der Kraftwerke in Jugoslawien

Tabelle 2

Jahr	Installierte Leistung MW	Maximale Belastung MW	Gesamte Erzeugung GWh	Ausnutzungsstundenzahl der installierten Leistung	Ausnutzungsstundenzahl der maximalen Belastung
1946	523	—	1160	2220	—
1950	662	—	2410	3640	—
1955	1148	—	4380	3820	—
1956	1424	877	5048	3540	5750
1957	1684	1154	6252	3710	5390

[2] Vergleichsweise betrug der spezifische Verbrauch der stark industrialisierten Schweiz im Jahre 1956/57 rund 3000 kWh pro Einwohner (Red.)

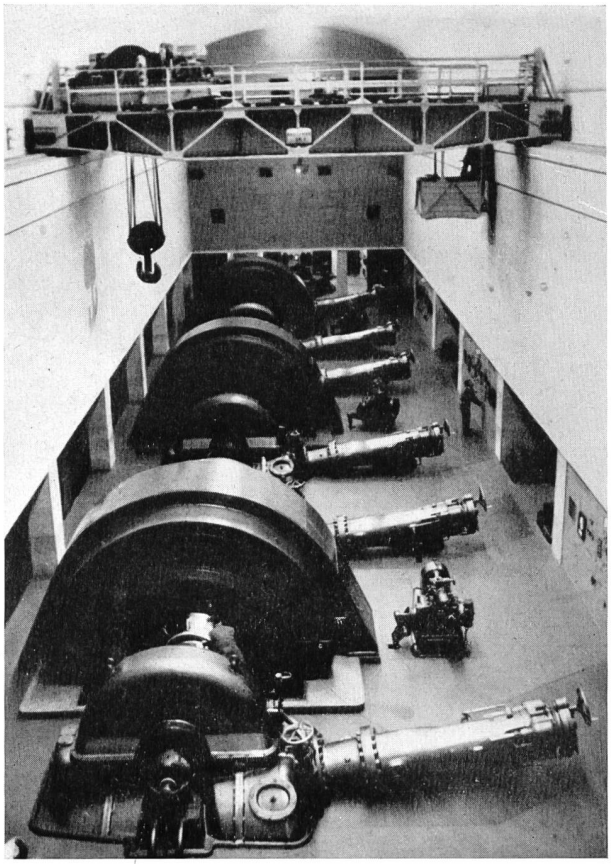

Bild 106 Blick in die Maschinenkaverne des Kraftwerkes Vinodol in Kroatien.

Zu den tabellarisch angeführten Ausnutzungszahlen ist zu bemerken, daß die Angaben über die installierte Leistung auch die Industrieeigenwerke berücksichtigen, ungeachtet dessen, ob diese an das allgemeine Versorgungsnetz angeschlossen sind oder nicht. Ebenfalls ist nicht berücksichtigt, ob die installierte Leistung der wirklich verfügbaren Leistung der Kraftwerke entspricht.

Die Ausbautätigkeit nach dem Kriege

Der heute erreichte Stand der elektrischen Versorgungsanlagen erforderte den Ausbau von 37 Wasserkraftwerken mit einer installierten Leistung von etwa 800 MW und einer durchschnittlichen möglichen Jahreserzeugung von etwa 3400 GWh, wodurch der Wasserkraftenergieanteil an der Gesamterzeugung auf rund 60% stieg. Die zu diesem Zweck neu gegründeten Bauunternehmungen führten in diesem Zeitabschnitt gegen 3 Mio m³ Felssprengungen, über 2 Mio m³ Dämme und 1,6 Mio m³ Betonarbeiten und umfangreiche Konsolidierungsarbeiten aus [5].

Für diese neu ausgebauten Wasserkraftwerke lieferte die einheimische Industrie 14 000 t hydromechanische Ausrüstung, 70% aller neu montierten Wasserturbinen und ein Großteil der elektrischen Ausrüstung. Der Gesamtwert der Investierungen betrug über 130 Milliarden Dinar, mit durchschnittlicher spezifischer Investierung von 174 700 Din/kW installierter Leistung oder 40,7 Din/kWh durchschnittlicher Jahreserzeugung. Außerdem befanden sich Ende 1955 noch weitere 10 Wasserkraftwerke mit einer installierten Leistung von 520 MW und einer Jahreserzeugung von etwa 2300 GWh im Bau.

Die vor dem Kriege ausgebauten Dampfkraftwerke waren hauptsächlich von lokaler Bedeutung und verbrauchten meist die hochwertige Kohle, welche durch bedeutende Kohlentransportspesen belastet war. Nach der Einführung der planmäßigen Wirtschaftsentwicklung wurde der Ausbau der neuen Wärmekraftwerke auf die minderwertigen Kohlensorten in nächster Nähe der Kohlengruben orientiert. Die durch den Fünfjahresplan festgelegte Typisierung der Wärmekraftwerke wurde durch die wirtschaftliche Hemmung Jugoslawiens seitens der Oststaaten erschwert, so daß die Anschaffung der Ausrüstung in den verschiedenen westeuropäischen Staaten eine Abänderung der vorher geplanten Typisierung erforderte. Die installierte Leistung sämtlicher Wärme- und Heizkraftwerke erreichte Ende 1957 eine Höhe von 740 MW, wovon 420 MW nach 1945 ausgebaut wurden. Die Verteilung der ausgebauten Wasser- und Wärmekraftwerke ist aus Bild 96 ersichtlich. Wichtigere ausgebaute Kraftwerke s. Tabelle 3 [6].

Das Hochspannungsübertragungsnetz bestand vor dem Krieg nur aus einzelnen Fernleitungen für Betriebsspannungen von 50—80 kV, wobei fast jede Leitung eine individuelle Spannung aufwies. Die erste kurze Fernleitung mit einer Spannung von 110 kV wurde während des Krieges ausgebaut. In der Nachkriegszeit wurde jedoch das ganze Land schrittweise mit 110-kV-Fernleitungen versehen, deren Spannung die Standardspannung für das Hochspannungsnetz bildet [7].

Verzeichnis der wichtigen im Betrieb und im Bau stehenden Wasserkraftwerke Jugoslawiens

Stand 1. April 1958

Tabelle 3a

Kraftwerk		Jahre der Inbetriebsetzung	Mögliche Leistung ab Generator MW	Mittl. mögl. Energieerzeug. ab Generator GWh	Turbinenart [1]	Gefälle m	Maschinensätze: Anzahl und Leistung in MVA	Nutzbarer Speicherinhalt Mio m³ (GWh)	Endausbau	
Name	Ausgenützte Gewässer								Leistung MW	Erzeugung GWh
Miljacka	Krka	1906—55	22,0	120	F	102	3 × 8 1 × 6	0,38	—	—
Kraljevac	Cetina	1912—26	60,0	400	F	106	2 × 16 2 × 26	—	—	—
Fala	Drava	1918—25	34,8	220	F	14,6	5 × 5,2 1 × 8,7	—	—	—
Doblar	Soča	1929—31	28,5	150	F	34,5/42,5	3 × 15	6,4	—	—
Plave	Soča	1940	15,0	85	K	25	2 × 10	1,0	—	—
Dravograd	Drava	1944—55	22,5	120	K	8,3	3 × 10	1,4	—	—
Mariborski Otok	Drava	1948—53	33,4	230	K	14,7	2 × 24	2,7	50	260
Vinodol	Lokvarka Ličanka	1952—54	74,0	183	P	645,5	3 × 35	32 (48)	—	—
Moste	Sava	1952—55	13,5	57	F	66,8	3 × 7,5	5,5	—	—
Medvode	Sava	1953—55	16,4	95	K	18,9	2 × 12	1,3	—	—
Vuzenica	Drava	1954	31,6	218	K	13,7	2 × 24	1,7	48	260
Jajce II.	Vrbas	1954	30,0	195	F	47	3 × 12,5	2	—	—
Jablanica	Neretva	1955	144,0	714	F	106,4	6 × 30	290	—	—
Zvornik	Drina	1955	88,0	406	K	19,3	4 × 30	23 (0,96)	—	—
Vlasina Vrla	Vrla und Masurica	1954—55—57	45,0	104	P F F	336 152 185	2 × 16 1 × 14 1 × 16	112 (87)	110	148
Vuhred	Drava	1956	40,0	250	K	17,4	2 × 22	—	60	350
Mavrovo	Mavrovo	1957	74,0	200	P	525	2 × 42	274	183	390
Jajce I.	Pliva	1957	45,0	230	F	92,5	2 × 30	40	—	245
Gojak	Dobra	im Bau	—	—	F	118	3 × 20	3,7 (1,0)	48	190
Peruča	Cetina	im Bau	—	—	F	47	2 × 26	500	41	200
Ožbolt	Drava	im Bau	—	—	K	17,4	3 × 22	—	60	300
Split I.	Cetina	im Bau	—	—	F	249	2 × 115	siehe KW Peruča	216	1465
Peručica I.	Zeta	im Bau	—	—	P	526	2 × 40	233 (250)	144	700

[1] Turbinenart: F = Francisturbine, K = Kaplanturbine, P = Peltonturbine.

Verzeichnis der größeren im Betrieb und im Bau stehenden Wärmekraftwerke Jugoslawiens

Stand 1. April 1958

Tabelle 3b

Kraftwerk		Jahre der Inbetriebsetzung	Mögliche Leistung ab Generator MW	Kesselanlage			Maschinensätze: Anzahl und Leistung MW	Endausbau Leistung MW	Kohle
Name	Art [1]			Druck atp	Dampftemperatur °C	Einheiten: Zahl und Leistung t/h			
Zagreb	SW	1918—22 1926—34	17	16	350	4 × 20/30 1 × 15/20	1 × 3 1 × 6,2 1 × 14,3 1 × 20	—	Braunkohle und Lignit
Beograd	SW	1932	25	35	425	2 × 20/25 6 × 15/17	3 × 8 1 × 13,5	—	Lignit
Trbovlje	GW	1938—43 1955	56,5	40	425	1 × 60 1 × 100 1 × 25	1 × 16 1 × 30 1 × 25	—	Braunkohle
Zenica	IW	1937—54	21,0	22	380/400	4 × 11 1 × 23 1 × 18 2 × 7	2 × 12 2 × 3,2 2 × 3,5	—	Braunkohle
Brestanica	GW	1943	12,5	37	425	1 × 60	1 × 16	—	Braunkohle
Kostolac	GW	1948—50	40	42	450	4 × 40/50	3 × 15 1 × 16	—	Lignit
Madjari	SW	1949—50	15,5	36/33	425/420	2 × 16/20 1 × 42/50	2 × 3,75 1 × 12,5	—	Lignit
Jugovinil	IW	1950—54	16,6	42	420	2 × 26/29 1 × 40/50	1 × 12,5 1 × 8,0	—	Braunkohle
Jertovec	GW	1954—57	26,5	40	450	2 × 28/35 2 × 50/64	1 × 22,6 1 × 16,0	39,8	Lignit
Kakanj	GW	1956	64	84	530	2 × 110 × 140	2 × 40	192	Braunkohle
Šoštanj	GW	1956	60	100	515	2 × 110/125	2 × 37,5	130	Lignit
Kolubara	GW	1957	65	84	530	2 × 110/135	2 × 40	195	Lignit
Kosovo	GW	im Bau	—	110	540	1 × 220	1 × 62	200	Lignit
Zagreb	HK	im Bau	—	80	525	1 × 125/160	1 × 40 1 × 12,5*	42	Braunkohle und Lignit

Mit * bezeichnete Maschinensätze sind Gegendruckturbinen.

[1] Art des Kraftwerkes: SW = Stadtkraftwerk; GW = Grubenkraftwerk; IW = Industriekraftwerk; HK = Heizkraftwerk.

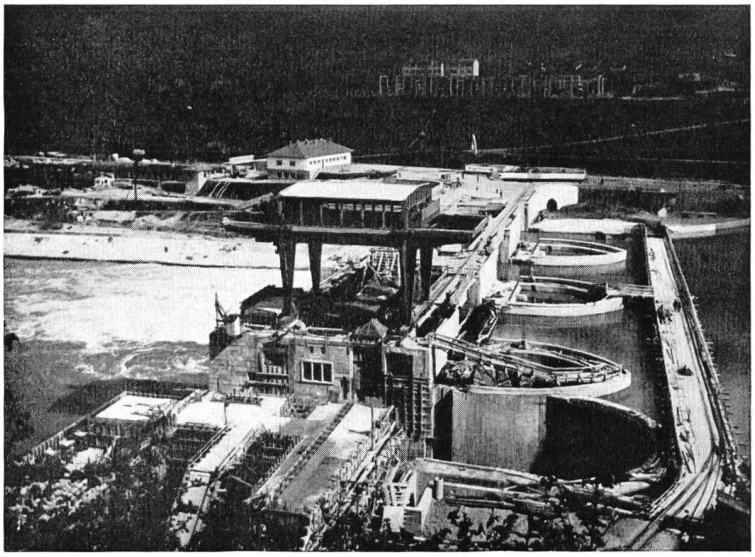

Bild 107
Das im Bau stehende Niederdruckkraftwerk Vuzenica an der Drau in Slowenien (Pfeilerkraftwerk).

Die Gesamtlänge dieser Leitungen beträgt derzeit etwa 4500 km, wovon über die Hälfte mit Kupferleitern von 95 bis 150 mm², und die Restlänge mit Stahlaluminiumleitern von 120 bis 240 mm² Querschnitt ausgerüstet ist. Fast sämtliche Leitungen sind mit Kappenisolatoren versehen. Rund 85% sind Einfachleitungen, und von den Doppelleitungen ist etwa die Hälfte bereits mit beiden Leitersystemen ausgerüstet. Die 110-kV-Leitungen sind zu 50% mit Betonmasten und zu 50% mit Stahl- und Holzmasten versehen.

Anfangs 1957 wurde die etwa 270 km lange Verbundleitung 110/220 kV Jajce–Zagreb in Betrieb genommen. Das ist die erste Fernleitung, welche für den Betrieb mit 220 kV vorgesehen ist. Die Leitung ist derzeit als 110-kV-Doppelleitung in Betrieb und verbindet das Kraftwerk Jajce I in Bosnien mit der 220-kV-Umspannstation in Zagreb. Damit sind die elektroenergetischen Systeme des westlichen und mittleren Gebietes sowie die des östlichen Teiles Jugoslawiens miteinander verbunden. Die Stahlaluminiumleiter dieser Leitung sind von Eisengittermasten getragen (s. Bild 108), und die Übertragungsleistung der Leitung bei 220 kV-Betriebsspannung beträgt 125 MW. Bild 98 zeigt den heutigen Ausbauzustand des 110-kV-Netzes.

Die 110-kV-Umspannwerke sind in Freiluftausführung gebaut und teilweise mit Doppelsammelschienen und Querverbindungsschaltern ausgerüstet. Die einzelnen 110-kV-Felder sind mit Trennschaltern, Leistungsschaltern und Meßwandlern und die Fernleitungsausgänge noch mit Überspannungsableitern versehen. Die luftgekühlten Umspanner, deren Luftkühlung bei größeren Einheiten durch Ventilatoren gefördert wird, besitzen Spannungsregulierung. Zwischen den Umspannwerken ist die Hochfrequenztelephonie montiert.

Das Verteilungsnetz des Landes und insbesondere jenes der Städte befriedigt keinesfalls die bestehenden Bedürfnisse und stellt derzeit das schwierigste Elektrifizierungsproblem des Landes dar. Das schnelle Tempo der Industrialisierung des Landes verlegte den Schwerpunkt der Elektrifizierung auf die Stromversorgung der sich im Ausbau befindlichen Schwerindustrie, was zunächst den Ausbau von Kraftwerken und Übertragungsleitungen erforderte. Demzufolge wurde der Ausbau der Verteilungsnetze seitens der Elektrizitätsunternehmen vernachlässigt. Andererseits jedoch sind viele kleinere Ortschaften und Dörfer elektrifiziert worden, da die Verbraucher selbst den größten Teil der erforderlichen Investierungen trugen. Die Hochspannungsverteilungsleitungen mit Betriebsspannungen von 30/35 kV und weniger haben vorherrschend Kupferleiter und sind größtenteils auf Holzmasten verlegt. Die Umspannwerke

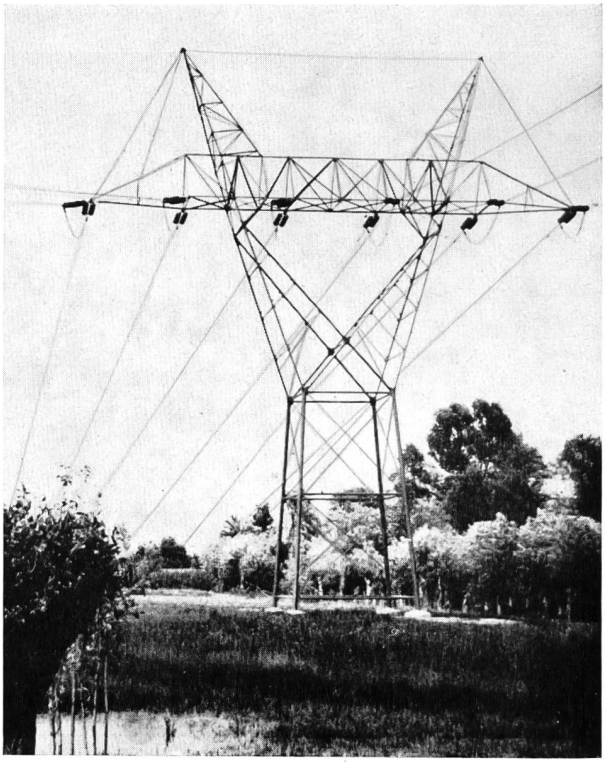

Bild 108 Eisengittermast der Verbundleitung 110/220 kV Jajce–Zagreb.

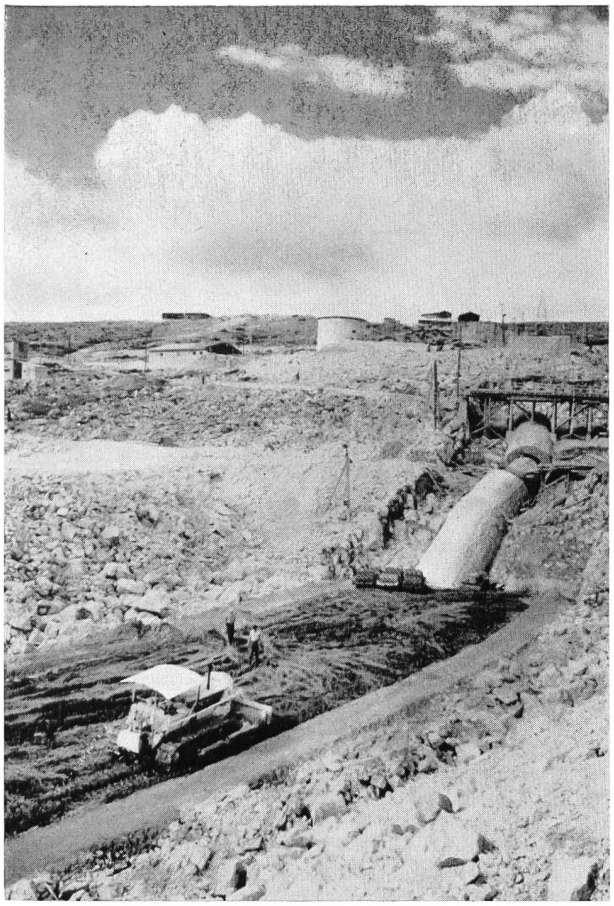

Bild 109 Dammbauarbeiten am Flusse Cetina für die Kraftwerkgruppe Split in Kroatien; der 63 m hohe Erddamm mit 770 000 m³ Materialvolumen schafft den Stausee Peruča von 520 Mio m³ (Nutzinhalt 495 Mio m³).

mit 30/35 kV Primärspannung sind in Raumausführung mit den im Freien aufgestellten Transformatoren ausgebaut.

Einige projektierte Wasserkraftwerke Jugoslawiens

Tabelle 4

Kraftwerk			Install. Leist.	Mittl. jährl. Erzeugungsmöglichkeit
Bezeichnung	Name	Ausgenützte Gewässer	MW	GWh
LW	Batjina Bašta	Drina	240	1 300
SW	Buk Rijeka	Drina	250	1 360
SW	Rama	Rama	150	700
SW	Senj	Lika u. Gacka	240	1 100
SW	Tara i Morača	Tara	430	1 850
SW	Grančarevo	Trebišnjica	160	510
SW	Dubrovnik	Trebišnjica	450	1 990
LW	Rijeka	Rječina	36	140
LW	Jaruga	Krka	43	175
LW	Djerdap	Dunav	1600	10 700
SW	Split II *	Cetina	432	2 000
SW	Peručica II **	Zeta	382	2 245

Bezeichnung: LW = Laufkraftwerk; SW = Speicherkraftwerk
* Endausbau des Werkes Split I
** Endausbau des Systems Peručica

Um einen richtigen Überblick über die zehnjährigen Anstrengungen der jugoslawischen Elektrizitätswirtschaft zu gewinnen, ist es angebracht, die in diesem Zeitraum getätigten — auf die gleiche Wertigkeitsbasis gebrachten — Investierungen anzugeben. Gerechnet nach dem Preisniveau des Jahres 1952, wurden im Zeitraum 1945—1955 in die elektrischen Anlagen der Elektrizitätsunternehmen (inkl. industrielle Eigenkraftwerke) rund 280 Milliarden Dinar investiert, wovon 64% auf die Kraftwerke, 18,5% auf die Übertragungsanlagen und 17,5% auf die Verteilungsnetze, einschl. Hausanschlüsse und Stromzähler, entfielen. Die Gesamtinvestitionen der elektrischen Wirtschaft betrugen 18,5% der in die Industrie investierten Beträge. Die in dem genannten Zeitabschnitt getätigten spezifischen Investitionen betrugen 1676 Dinar oder 5,60 Dollar pro Einwohner [8].

In Tabelle 4 sind einige bereits projektierte Kraftwerke angeführt, welche für den Ausbau in den nächsten Jahren zur Wahl stehen [9].

Die in der Elektrizitätswirtschaft mitwirkenden Unternehmen und Organisationen

Für die so intensive Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft des Landes war, außer einer entsprechenden Organisation selbst, auch die Schaffung von mitwirkenden Organisationen und Unternehmen erforderlich. Dabei ist gedacht an die elektrizitätswirtschaftlichen Forschungsinstitute, Projektierungsunternehmen, Bau- und Montageunternehmen und an die die Erzeugung der Ausrüstung für die Elektrizitätswirtschaft ausarbeitenden Industrien.

Für die Elektrifizierung des Landes ist die elektrotechnische und Maschinenindustrie von besonderer Bedeutung. Der Ausbau großer Wasserkraftwerke mit bedeutenden Einheiten stellte an die elektrotechnische und

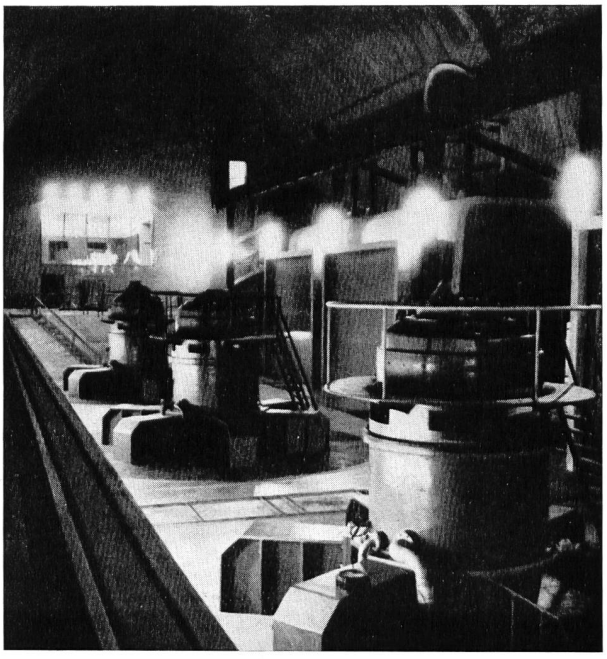

Bild 110 Maschinenkaverne des Hochdruckkraftwerkes Jablanica in Bosnien-Herzegowina.

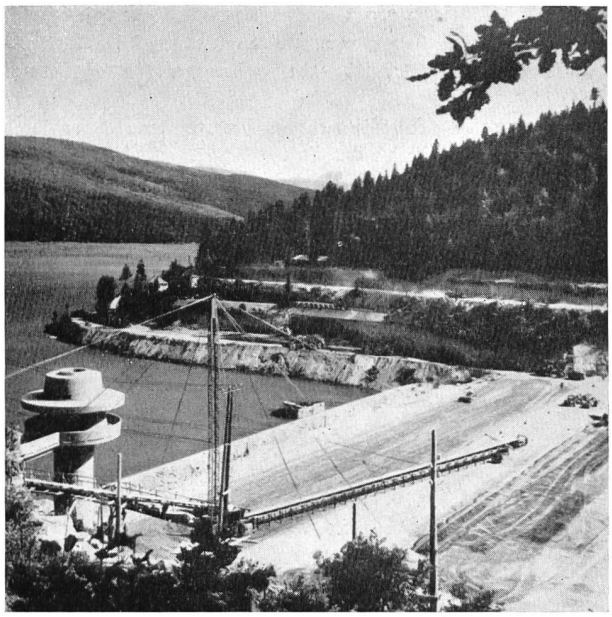

Bild 111 Dammbau für den Stausee Mavrovo des Hochdruckkraftwerkes Vrutok in Makedonien.

Die Entwicklung der Erzeugung der Maschinenfabrik «Litostroj» in Ljubljana

Tabelle 5

Ausgebaute und gelieferte Wasserturbinen			
Jahr	Zahl	Leistung HP	Gewicht t
1948	5	1 510	20
1949	14	18 950	145
1950	10	9 000	130
1951	9	15 345	270
1952	19	135 680	1550
1953	14	182 670	2370
1954	11	126 950	960
1955	19	119 500	1920

Die Entwicklung der Erzeugung der elektrotechnischen Fabrik «Rade Končar» in Zagreb

Tabelle 6

Ausgebaute und gelieferte Einheiten						
Jahr	Generatoren			Groß-Transformatoren		
	Zahl	Leistung kVA	Gewicht t	Zahl	Leistung kVA	Gewicht t
1948	1	24 000	220	1	50 000	90
1949	8	31 700	300	—	—	—
1950	9	12 900	140	—	—	—
1951	5	7 800	130	—	—	—
1952	17	66 500	710	4	16 000	60
1953	7	38 000	505	6	117 000	350
1954	13	167 000	1690	6	147 000	400
1955	8	146 200	1510	15	212 000	650

Maschinenindustrie Jugoslawiens schwere und verantwortungsvolle Aufgaben. Einige Angaben über die Erzeugung der drei größten ausrüstungsschaffenden Industrieunternehmen liefern den besten Beweis für die großartigen Leistungen, welche diese erst nach dem Kriege aufgebauten Industrien vollbrachten. Die zwei Tabellen 5 und 6 geben die Entwicklung der Erzeugung der Maschinenindustrie «Litostroj», Ljubljana, und der elektrotechnischen Fabrik «Rade Končar», Zagreb, an [10].

Die Bilder 115 und 116 zeigen die großen Montagehallen dieser zwei für die Elektrizitätswirtschaft wichtigen Industrien.

Es ist notwendig anzugeben, daß die Einheiten der neuen Wasserkraftwerke, die eine Leistung von 42 MVA in Blockschaltung mit 110-kV-Transformatoren erreichen, heute auch von der jungen jugoslawischen elektrotechnischen Industrie erzeugt werden.

In neuester Zeit ist die Erzeugung von Wärmekraftturbinen und Dieselmotoren in der Fabrik «Jugoturbina» im Gange. Augenblicklich werden Dampfturbinen bis zu einer Leistung von 12,5 MW und Dieselmotoren

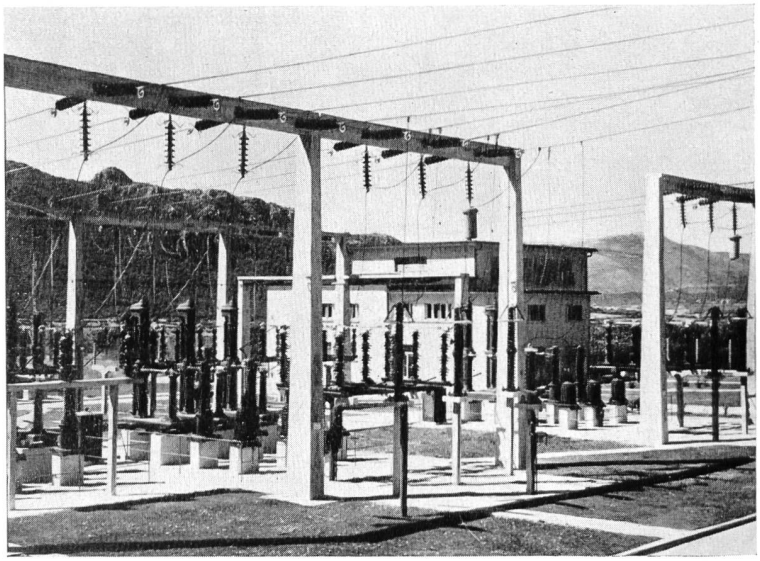

Bild 112
Schaltanlage 110 kV des Umspannwerkes Mostar in Bosnien-Herzegowina.

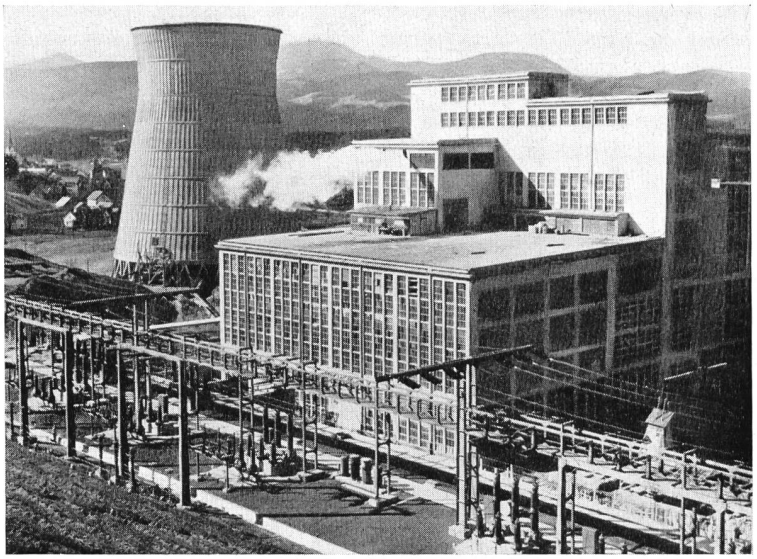

Bild 113
Das Dampfkraftwerk Šoštanj (Slowenien) mit dem Kühlturm.

bis 3000 HP gebaut. Auch an die Erzeugung moderner Dampfkessel für die Dampfkraftwerke ist man — jedoch noch in einem bescheidenen Maße — herangetreten.

Tarifsysteme in der jugoslawischen Elektrizitätswirtschaft

Als Erbschaft der Vorkriegsmannigfaltigkeiten in der Organisation der Elektrizitätsversorgung wurde vom neuen Staat ein Kunterbunt verschiedener Tarifformen übernommen. Ausgenommen den westlichsten Teil des Landes, wurde vorherrschend der einfache Kilowattstundentarif angewendet. Nach mehrmaligen gescheiterten Anstrengungen gelang es, schrittweise ein einheitliches Tarifsystem für die einzelnen föderativen Republiken einzuführen, so daß es im Jahre 1957 möglich war, ein einheitliches Tarifsystem für alle verbündeten Distributions-Elektrizitätsgesellschaften Jugoslawiens in Kraft zu setzen. Solch weitreichender ökonomischer Eingriff war einerseits dank der bestehenden, auf den sozialistischen Prinzipien aufgebauten Nationalwirtschaft möglich, anderseits durch die Bildung ausgedehnter elektroenergetischer Versorgungssysteme, die eine Folge des Ausbaues der großen Elektrizitätskraftwerke und Hochspannungsverbundnetze im Lande sind. Für alle Konsumentengruppen, inbegriffen die größten Spezialverbraucher, wurden einheitliche Tarifformen und Tarifsätze festgesetzt. Im Prinzip ist die Tarifform der Grundgebührtarif, wobei je nach dem Charakter der Konsumentengruppe die Grundgebühr auf die gemessene beanspruchte Leistung oder auf eine entsprechende Ersatzverrechnungseinheit bezogen wird. Es wurden für die bestimmten Konsumentengruppen auch Nachtstrompreis sowie Blindstrompreis eingeführt. Für größere Konsumenten sind auch Saisontarifsätze gebräuchlich. Obwohl man bestrebt war, für alle Abnehmergruppen ökonomische Tarifsätze anzuwenden, war es erforderlich, für einzelne Verbrauchergruppen, vor allem für die elektrochemische und elektrometallurgische Großindustrie und für den Haushalt, von den ökonomischen Preisen noch Abstand zu nehmen, wodurch es zu einer bestimmten Preisdiskrimination kommen mußte.

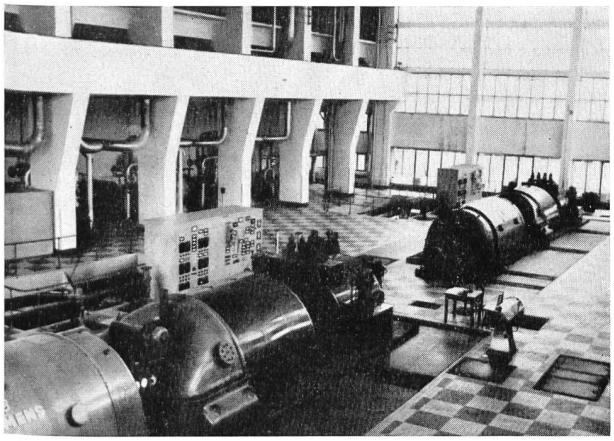

Bild 114 Der Maschinenraum des Dampfkraftwerkes Kolubara in Serbien.

Die Bedeutung der jugoslawischen Wasserkräfte für die europäische Elektrizitätswirtschaft

Aus den angeführten Angaben über die bisherige Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens ist ersichtlich, daß das Land bisher nur etwa 5% seines Wasserkraftpotentials ausgenutzt hat und über große, nicht ausgenutzte Wasserkraftreserven verfügt, welche für die europäische Energiewirtschaft von Interesse sind. Wenn man von einer durchschnittlichen Verdoppelung des Verbrauches elektrischer Energie in zehn Jahren in Europa ausgeht und in Betracht zieht, daß die europäische Kohlenförderung nicht in der Lage sein wird, den bevorstehenden Zuwachs des Verbrauches elektrischer Energie in Zukunft zu befriedigen, so ist ersichtlich, daß die Wasserkraftreserven Jugoslawiens — falls diese rechtzeitig dazu herangezogen würden — in der Lage wären, in bedeutendem Maße die energeti-

sche Bilanz jener Länder zu verbessern, welche schon in der nächsten Zukunft energetische Passiven aufweisen werden. Was die jugoslawischen Wasserkraftwerke besonders dazu eignet, ist die Tatsache, daß die großen zu bauenden Kraftwerke entlang der adriatischen Küste liegen und daß die Baubedingungen für dieselben, mit Rücksicht auf die großen konzentrierten Gefälle, die außerordentlich großen spezifischen Niederschläge sowie durch den winterlichen Zuflußcharakter der Gewässer, sehr günstig sind.

Im Hinblick auf die Heranziehung der jugoslawischen Wasserkraftwerke in die europäische Energiewirtschaft wurden bereits umfangreiche Studien gemacht. Die Möglichkeiten einer Verbindung zwischen dem jugoslawischen Elektrizitätssystem und dem der benachbarten Weststaaten sind in der Studie der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinigten Nationen unter dem Namen «*Yougelexport*» bereits erörtert. Nach dieser Studie kommen in erster Linie fünf große Wasserkraftwerke in Betracht, welche an der Westgrenze Jugoslawiens liegen und deren jährliche Gesamtkapazität 6,9 Milliarden kWh, wovon über 70% auf Winterenergie entfällt, beträgt. Nach der Deckung des jugoslawischen Bedarfes verbleiben noch etwa 4 Milliarden kWh für den Export, und zwar als garantierte Winterenergie mit einer Leistung von 1400 MW.

Durch eine andere internationale Kommission wurden die Möglichkeiten der Ausnutzung der Donau beim Eisernen Tor, wo sehr große Energiemengen gewonnen werden könnten, studiert. Eines der ausgearbeiteten Projekte sieht den Ausbau eines Wasserkraftwerkes bei Kladovo (Turn-Severin) für ein Gefälle von 26 m mit einer Leistung von 1600 MW und einer durchschnittlichen jährlichen Erzeugung von 10,7 Milliarden kWh vor. Die gewonnene Energie könnte außer zur Deckung des Bedarfes der beiden Uferstaaten auch zur Befriedigung des Energiebedarfes anderer mitteleuropäischer Staaten, welche an natürlichen Energiequellen sehr arm sind, herangezogen werden. Die Amortisationszeit für die zur Deckung des europäischen Energiebedarfes zu erbauenden Wasserkraftwerke in Jugoslawien stimmt mit jener Zeit überein, welche für den beeinflussenden Eingriff der Kernenergiekraftwerke in die Elektrizitätswirtschaft Europas erforderlich wäre.

Die jugoslawische Elektrizitätswirtschaft hat bereits mit ihren Nachbarländern entsprechende Abkommen über den Austausch elektrischer Energie getroffen. Außer dem bereits schon mehrere Jahre getätigten Energieaustausch mit Österreich wurde Anfang 1958 durch die neu ausgebaute elektrische Verbindung mit Ungarn ein ähnlicher Austausch der elektrischen Energie ermöglicht. Die 110/120-kV-Übertragungsleitung, versehen mit den Umspannwerken Varaždin und Söjtër, verbindet somit die elektroenergetischen Systeme Jugoslawiens und Ungarns und über dieses letztere auch das System der Tschechoslowakei.

Es haben auch bereits Besprechungen mit den griechischen Elektrizitätswirtschaftsorganisationen stattgefunden, und es wurde der Bau einer 110/150-kV-Verbundleitung in Aussicht genommen, welche den ersten Schritt zum Energieaustausch zwischen Griechenland und Jugoslawien darstellen würde.

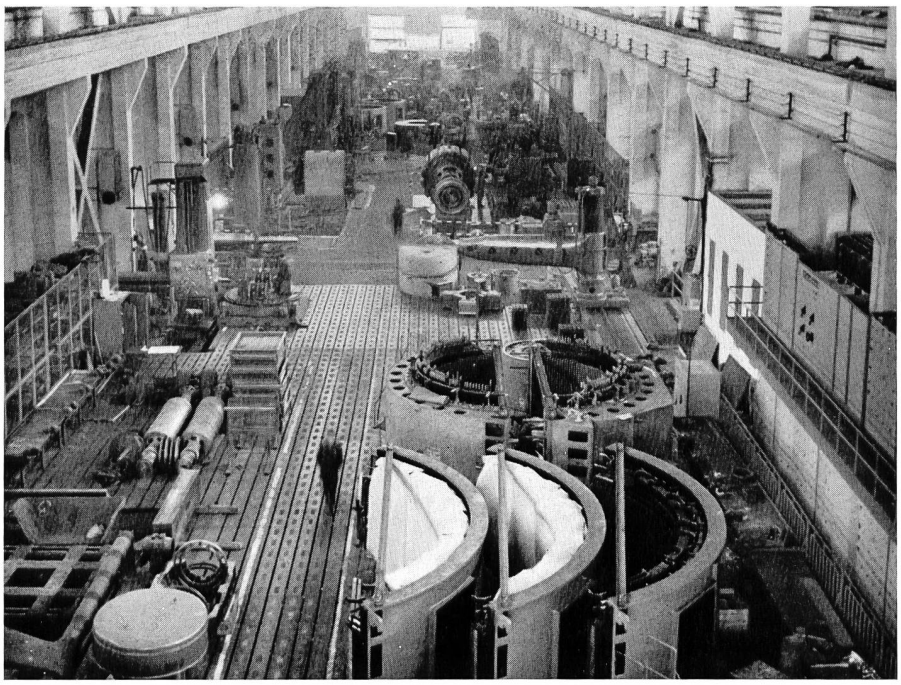

Bild 115 Montagehalle für große elektrische Generatoren der Fabrik «Rade Končar» in Zagreb (Kroatien).

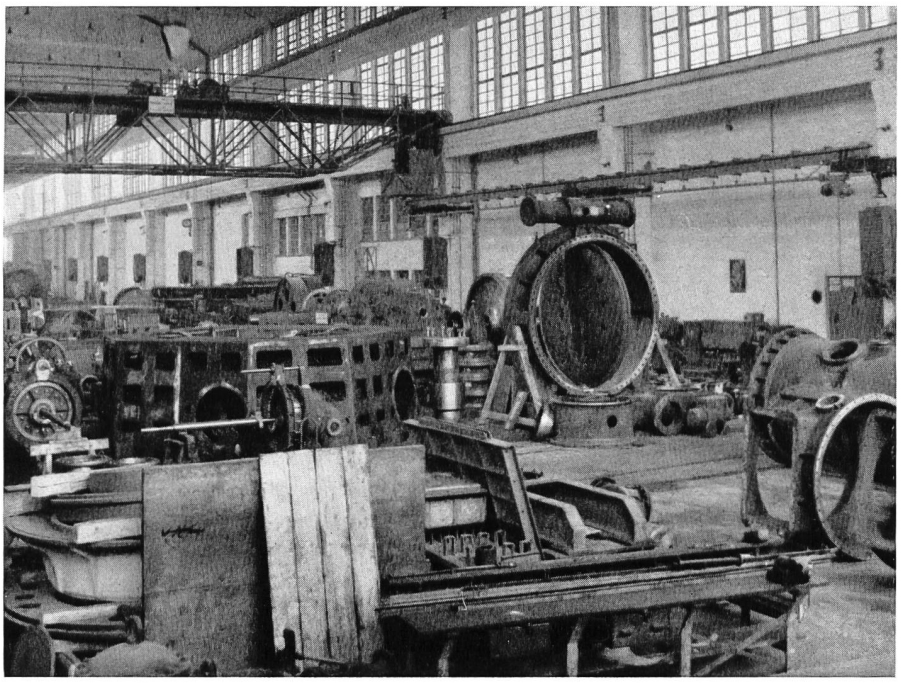

Bild 116 Große Montagehalle der Maschinenfabrik «Litostroj» in Ljubljana (Slowenien).

Schlußbetrachtungen

Die vor dem Zweiten Weltkrieg nur unbedeutende und schwach entwickelte Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens hat nach dem Kriege einen sehr intensiven Aufschwung erhalten. Die bedeutende Entwicklung der Industrialisierung des Landes erforderte von der jugoslawischen Elektrizitätswirtschaft ein sehr rasches Ausbautempo. Der große Reichtum an Wasserkräften führte naheliegenderweise besonders zum Ausbau von Wasserkraftwerken, wobei die Variationen der verfügbaren Wasserkraftleistung durch neu zu erbauende Kohlenkraftwerke ausgeglichen werden mußte. Der Ausbau der großen Kraftwerke erforderte die Errichtung eines 110-kV-Verbundnetzes, welchem später ein weiteres von 220 kV Betriebsspannung überlagert werden soll.

Die derzeit noch nicht ausgenutzten Wasserkräfte in Jugoslawien könnten auch für die europäische Elektrizitätswirtschaft eine bedeutende Rolle spielen, falls diese rechtzeitig entsprechend den europäischen Bedürfnissen ausgebaut würden.

Literaturnachweis

[1] Hidroenergetska baza elektroprivrede (Wasserkraftgrundlagen der Elektrizitätswirtschaft). Dr. Ing. *Vujica Yevdjević*, Beograd. Denkschrift «Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens 1945—1955» — Zajednica Jugoslavenske elektroprivrede Beograd 1957. S. 43.

[2] Raspoložive zalihe uglja (Verfügbare Kohlenvorräte). Ing. *Aleksandar Blažek*, Beograd. Denkschrift «Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens 1945—1955» — Zajednica Jugoslavenske elektroprivrede Beograd 1957. S. 51.

[3] Povodom Zakona o elektroprivrednim organizacijama (Bemerkungen zum Gesetz über die Organisation der Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens). Ing. *Čedo Miličević*, Beograd. «Elektroprivreda» 1958. Bd. 1, S. 1.

[4] Razvoj elektroprivrede Jugoslavije 1945—1955. Denkschrift «Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens 1945 bis 1955» — Zajednica Jugoslavenske elektroprivrede Beograd 1957. S. 273 u. 279 — «Elektroprivreda» 1958. Bd. 2, S. 86.

[5] Hidroelektrane (Wasserkraftwerke). Ing. *Mláden Žugaj*, Zagreb. Denkschrift «Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens 1945—1955» — Zajednica Jugoslavenske elektroprivrede Beograd 1957. S. 61 u. 258.

[6] Pregled o izgradjenim elektranama u Jugoslaviji (Die Zusammenstellung über die ausgebauten Kraftwerke Jugoslawiens). Ing. *Boris Markovčić*, Institut für die Elektrizitätswirtschaft, Zagreb — 1958.

[7] Vodovi 110 kV u Jugoslaviji krajem 1955 godine (Die 110-kV-Leitungen in Jugoslawien, Ende 1955). Prof. Dr. Ing. *Božidar Stefanini*, Zagreb. «Elektroprivreda» 1956, Bd. 4/5, S. 193.

[8] Investicije u elektroprivredi (Investierungen in der Elektrizitätswirtschaft). Ing. *Radoslav Planić*, Zagreb. Denkschrift «Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens 1945 bis 1955» — Zajednica Jugoslavenske elektroprivrede Beograd 1957. S. 109.

[9] Perspektivni plan elektroprivrede Jugoslavije (Zukunftsaussichten der Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens). Ing. *Gvido Preci*, Beograd. «Elektroprivreda» 1957. Bd. 10, S. 461.

[10] Poduzeća za proizvodnju elektromašinske opreme (Unternehmen für die Erzeugung von Ausrüstungen für die Elektrizitätswirtschaft). Ing. *Josip Ledvinka*, Zagreb. Denkschrift «Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens 1945 bis 1955» — Zajednica Jugoslavenske elektroprivrede Beograd 1957. S. 143.

[11] Mjesto Jugoslavije u evropskoj energetici (Der Platz Jugoslawiens in der europäischen Energiewirtschaft). Ing. *Miloš Brelih*, Beograd. Denkschrift «Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens 1945—1955» — Zajednica Jugoslavenske elektroprivrede Beograd 1957. S. 199.

Bildernachweis

Leksikografski zavod, Zagreb (Bild 104)
Ing. *Sbutega*, Zagreb (Bild 108)
Ivančić, Crikvenica (Bild 106)
Vereinigung der Elektrizitätswerke, Ljubljana (Bilder 107, 113)
Ing. *G. A. Töndury*, Zürich/Wettingen (Bild 109)
Elektroprojekt, Sarajevo (Bild 110)
K. Georgievski (Bild 111)
Jugofoto, Beograd (Bild 114)
Agencija za fotodokumentaciju, Zagreb (Bilder 115, 116)