

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 59 (1968)
Heft: 18

Artikel: Die Elektrizitätserzeugung in Kanada unter spezieller Berücksichtigung der Provinz Quebec
Autor: Cuénod, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916076>

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: 06.02.2025

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Die Elektrizitätserzeugung in Kanada unter spezieller Berücksichtigung der Provinz Quebec

Von M. Cuénod, Genf

621.311(71:714)

Zusammenfassung

Der erste Teil dieses Berichtes bietet eine allgemeine Übersicht über die Entwicklung der kanadischen Elektrizitätserzeugung und der Energieverteilung unter den verschiedenen Verbrauchergruppen. Im Rahmen der kanadischen Elektrizitätswirtschaft spielt die Hydro-Quebec eine führende Rolle. Nach einigen Angaben über die Produktionssteigerung dieses Netzes und die Gesteungskosten seiner Energie bezieht sich der zweite Teil dieses Artikels auf einige sehr bedeutende hydroelektrische Anlagen, nämlich das Kraftwerk Beauharnois, die Anlagen von Bersimis und Manic Outardes sowie den geplanten späteren Ausbau der Churchill-Wasserfälle. Dieser Überblick wird abschliessend noch durch einige bemerkenswerte Einzelheiten über das 735 kV-Netz und dessen Zukunftsaussichten ergänzt.

1. Einführung

Die Elektrizität spielt in der wirtschaftlichen Entwicklung Kanadas eine Rolle von ausschlaggebender Bedeutung. Der präkambrische Schild, eine der ältesten geologischen Schichten der Erde, die einen grossen Teil des Gebietes bedeckt, bildet eine mit vielen Seen ausgestattete Hochebene, welche den laurentischen Schild um einige hundert Meter überragt und sich dadurch vorzüglich zur Errichtung von hydroelektrischen Anlagen eignet. Die seit einem halben Jahrhundert betriebene Ausnützung dieses energetischen Potentials ist massgeblich am ausserordentlichen wirtschaftlichen Aufschwung beteiligt, den Kanada inzwischen erlebte.

Bei einer Jahresproduktion von 160 000 GWh und einer Bevölkerung von 20 Millionen Einwohnern beträgt die spezifische Energieerzeugung 8000 kWh pro Einwohner und wird somit rangmässig unmittelbar nach den Vereinigten Staaten eingestuft. Diese spezifische Energieerzeugung bietet

übrigens ein vorzügliches Kriterium zur Beurteilung der wirtschaftlichen Entwicklung eines Landes.

Dieser Artikel möchte nun einen Einblick in die Ausnützung der kanadischen Wasserkräfte vermitteln. Der erste Teil befasst sich mit einigen allgemeinen Angaben über die gesamte kanadische Energieerzeugung. Im zweiten Teil wird die in diesem Zusammenhang bedeutsame Rolle der Hydro-Quebec hervorgehoben und einige ihrer wichtigsten Anlagen beschrieben, die zur Zeit bereits betrieben oder erst ausgeführt werden. Ausserdem werden einige Angaben gemacht über das wegen der riesigen Ausdehnung des Landes notwendige Höchstspannungsnetz.

2. Die Entwicklung der Erzeugung und des Verbrauches elektrischer Energie in Kanada

a) Die allgemeine Steigerung der Energieerzeugung

In der Tabelle I sind die installierten Leistungen in den verschiedenen kanadischen Provinzen angeführt und in der

Installierte elektrische Leistungen in Kanada
31. Dezember 1966

Tabelle I

Provinz oder Gegend	Installierte Leistung in kW		
	hydroelektrische Leistung	thermoelektrische Leistung	Total
Britisch Kolumbien	2 695 000	1 083 000	3 778 000
Alberta	617 000	1 096 000	1 713 000
Saskatchewan . .	397 000	662 000	1 059 000
Manitoba	1 074 000	338 000	1 412 000
Ontario	6 194 000	3 923 000	10 117 000
Quebec	10 746 000	441 000	11 187 000
Neubraunschweig	262 000	433 000	695 000
Neuschottland . .	143 000	525 000	668 000
Prinz-Eduard-Insel	—	57 000	57 000
Neufundland . . .	466 000	113 000	579 000
Yukon	28 000	4 000	32 000
Nordwest-Gebiete	35 000	27 000	62 000
Canada	22 657 000	8 702 000	31 359 000

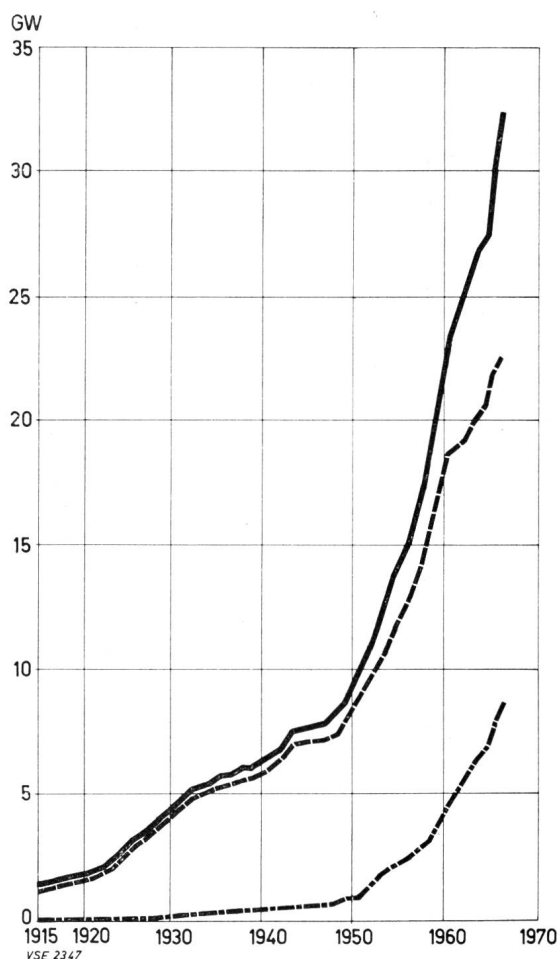


Fig. 1
Zunahme der Kraftwerkleistungen in Kanada
— Total
--- Hydraulisch
- · - Thermisch

Provinz oder Gebiet	Nicht ausgewertete Wasserkräfte			Ausgebaute Wasserkräfte
	Ständig verfügbare Leistung bei einem Wirkungsgrad von 88 %			Generatorenleistung kW
	Q 95 (a) kW	Q 50 (b) kW	Qm (c) kW	
Britisch Kolumbien	4 946 000	16 635 000	24 665 000	2 695 000
Alberta	895 000	3 244 000	4 866 000	617 000
Saskatchewan	773 000	1 298 000	1 559 000	397 000
Manitoba	2 964 000	5 501 000	5 835 000	1 074 000
Ontario	467 000	1 102 000	1 663 000	6 194 000
Quebec	8 027 000	27 788 000	36 576 000	10 746 000
Neubraunschweig	62 000	221 000	497 000	262 000
Neuschottland	21 000	112 000	165 000	143 000
Prinz-Eduard-Insel	—	1 000	2 000	—
Neufundland	1 240 000	3 635 000	4 871 000	466 000
Yukon	664 000	3 237 000	5 689 000	28 000
Nordwest-Gebiete	864 000	2 232 000	3 322 000	35 000
Canada	20 923 000	65 006 000	89 728 000	22 657 000

a) Leistung bei einer Durchflussmenge, deren Verfügbarkeit 95 % der Zeit beträgt
b) Leistung bei einer Durchflussmenge, deren Verfügbarkeit 50 % der Zeit beträgt
c) Leistung entsprechend dem arithmetischen Mittel der Durchflussmenge.

Fig. 1 die Entwicklung der hydraulischen und thermischen Energieerzeugung im Verlauf der letzten 50 Jahre. Wie aus diesen Angaben ersichtlich ist, wird die elektrische Energie dieses Landes grösstenteils durch hydraulische Kraftwerke erzeugt. Seit 1950 wird jedoch ein starker Zuwachs an thermischen Kraftwerken festgestellt, deren Anteil sich im Laufe der nächsten Jahre wahrscheinlich noch erhöhen wird. Als wichtigste Energielieferanten erscheinen in der Tabelle ebenfalls die beiden Provinzen Ontario und Quebec.

b) Die hydroelektrische Erzeugung

Die Ende 1966 noch nicht ausgenützten hydraulischen Reserven sind in der Tabelle II verzeichnet. Diese Angaben beweisen, dass Kanada gegenwärtig nur den vierten Teil seines hydraulischen Potentials ausgewertet und vorläufig noch über recht beachtliche Reserven verfügt, die später zweckmässig ausgebaut werden können, so beispielsweise in Britisch Kolumbien, in den Rocky Mountains (24 700 MW) und in Quebec (36 600 MW).

Dass nun Kanada trotz dieses hohen und bisher unbenutzten hydraulischen Potentials doch auf die thermische Energieerzeugung übergegangen ist, scheint freilich in erster Überlegung etwas erstaunlich. Diese Tatsache ist jedoch auf den Umstand zurückzuführen, dass die zur Errichtung grosser leistungsfähiger Anlagen geeigneten Gebiete oft in sehr weiter Entfernung von den bedeutendsten Verbrauchszentren gelegen sind. Die bahnbrechenden technischen Fortschritte, welche in der Zwischenzeit auf dem Gebiete der Höchstspannung verzeichnet wurden, gestatten es allerdings, dieses Problem unter einem völlig veränderten Gesichtspunkt zu betrachten und die Ausführung von hydraulischen Anlagen zu planen, welche infolge ihrer grossen Entfernung früher als unwirtschaftlich betrachtet wurden.

Wichtigste Anwendungen der elektrischen Energie in Kanada
Tabelle III

Städtischer und ländlicher Energieverbrauch	21 %
Handel	15 %
Zellulose- und Papierindustrie	16 %
Bergbau	20 %
Andere Industrien	19 %
Verluste und nicht erfasste Anwendungen	9 %
	100 %

Eine weitere Tatsache, welche ebenfalls hervorgehoben werden soll, ist die zunehmende Bedeutung der hydraulischen Pumpspeicherwerke, unter welchen das Adam-Beck-Kraftwerk als typisches Beispiel erwähnt werden darf, welches als Ursache des im November 1965 in der Gegend von New York erfolgten berüchtigten «black out» bekanntgeworden ist. Die oberhalb der Niagarafälle gefassten Wassermengen werden durch einen Stollen und anschliessend durch einen offenen Kanal bis zu dem unterhalb der Fälle gelegenen Adam-Beck-Werk geleitet. Während der Schwachlaststunden wird die durch dieses Werk erzeugte Energie zum Pumpen verwendet und ermöglicht es, einen Teil des im vorgelagerten Kanal befindlichen Wassers in ein künstliches Speicherbecken zu heben. Während der Spitzenlastzeiten wird dann dieses Wasser wieder zweckmässig zur Erzeugung elektrischer Energie herangezogen und dann auch über das

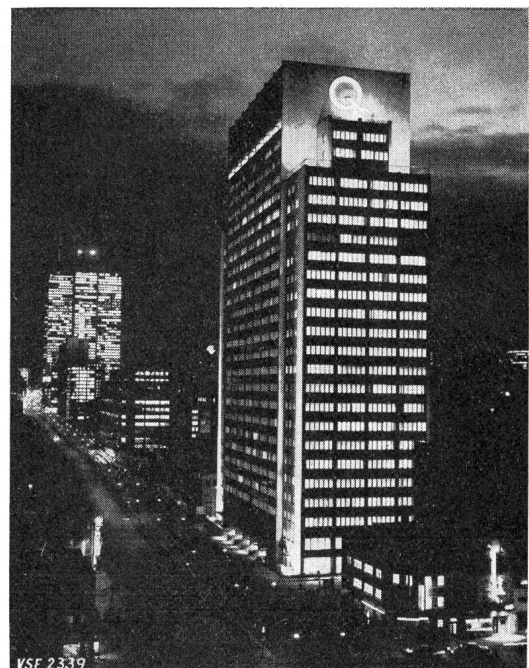


Fig. 2
Verwaltungsgebäude der Hydro-Quebec in Montreal

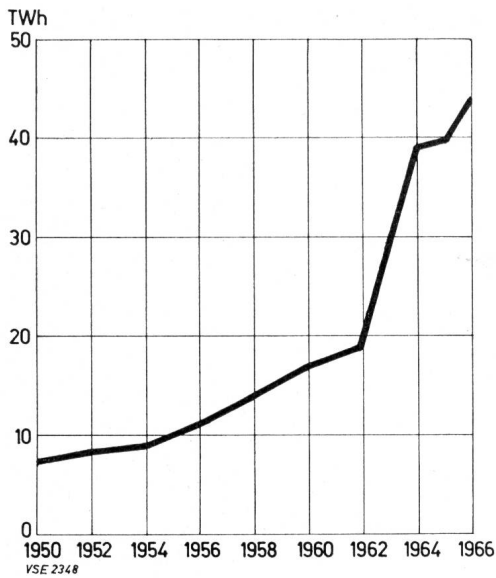


Fig. 3

Verfügbare Energie der Hydro-Quebec: Erzeugung und Ankauf

gesamte Gefälle ausgenutzt, wodurch diese Anlage über eine zusätzliche Leistung von annähernd 180 MW verfügt.

Ein weiteres Pumpspeicherwerk der Big-Bend-Anlage mit einer Gesamtleistung von 327 MW wird gegenwärtig in der Provinz von Alberta installiert. Günstige Gegenden zur Errichtung von Pumpspeicherwerken von mehr als 1000 MW

Leistung wurden inzwischen entlang des St.-Lorenz-Stromes festgestellt. Ein Vorprojekt einer solchen Anlage in Saint-Joachim am rechten Stromufer unterhalb der Ile d'Orléans wird gegenwärtig vorbereitet.

c) Die thermische Erzeugung

In den wasserarmen Provinzen, besonders in Ontario und Neubraunschweig, entwickelt Kanada ebenfalls ein sehr bedeutendes Bauprogramm für die Errichtung von Wärme- und Kernkraftwerken. Die installierte Leistung der thermischen Kraftwerke erreicht gegenwärtig 10 000 MW und wird im Laufe der nächsten 4 Jahre noch verdoppelt werden. Die Untersuchungen bezüglich der Gestaltung und der Ausführung der künftigen Kernreaktoren wurden übrigens der «Atomic Energy of Canada Limited (AECL)» übertragen. Diese Organisation konzentriert ihre Bestrebungen auf die Verwirklichung des Reaktortyps «Canadian Deuterium Uranium» (CANDU), der mit natürlichem Uran als Brennstoff und mit Schwerwasser als Moderator arbeitet.

Das erste grosse Kernkraftwerk Kanadas wurde 1966 in Douglas Point am Ufer des Huronsees in Betrieb gesetzt und weist eine Leistung von 200 MW auf. In dieser Anlage wird das Schwerwasser gleichzeitig zur Kühlung und als Moderator benützt.

Die beiden Reaktoren des Kraftwerkes Pickering verfügen über eine Leistung von je 540 MW und werden 1970

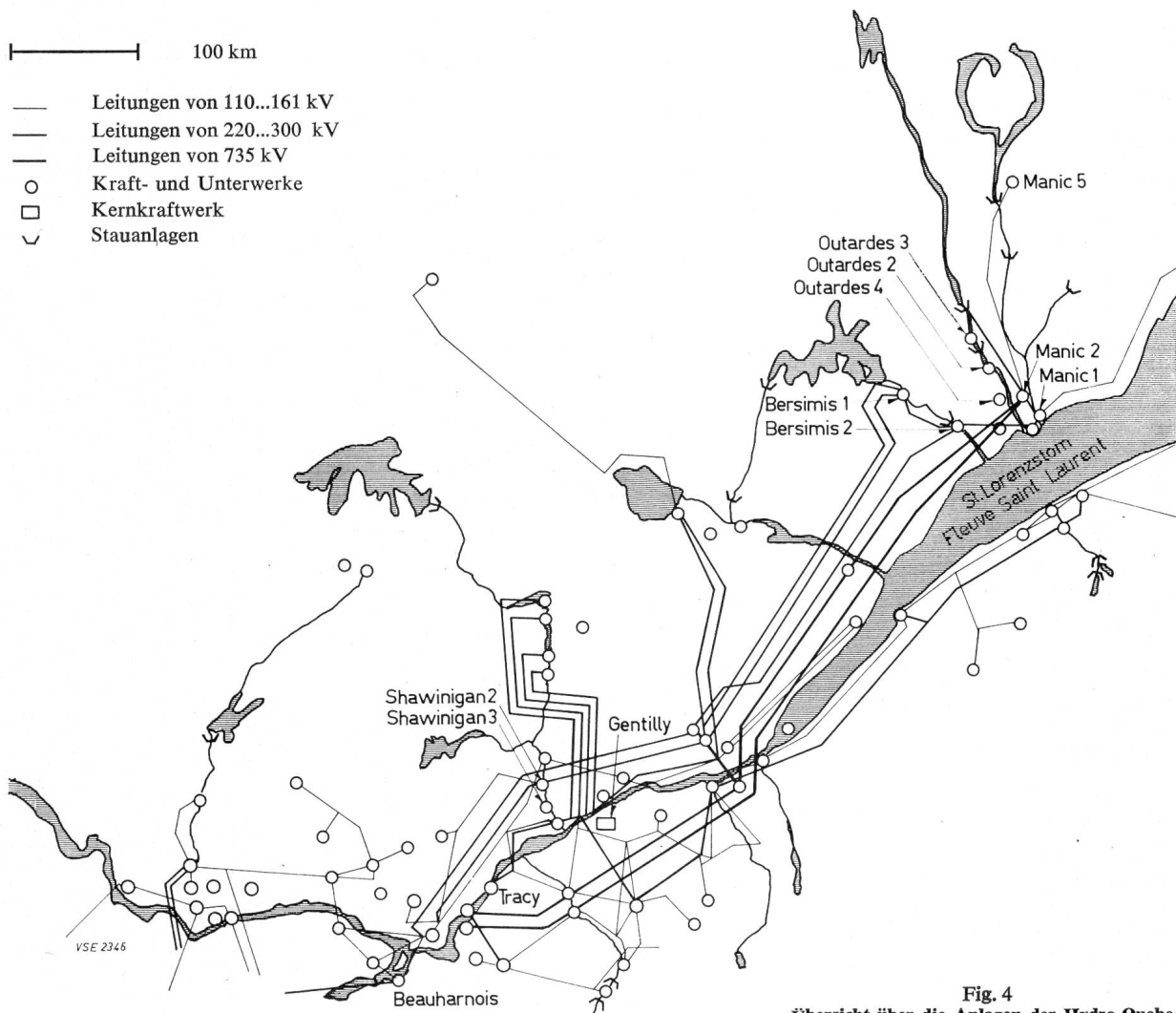


Fig. 4

Übersicht über die Anlagen der Hydro-Quebec

Kraftwerk	Fluss	Konstruktionsjahr		Gefälle m	Anzahl der Einheiten	Generatoren-Leistung	
		erste Einheit	letzte Einheit			pro Einheit MW	Gesamte MW
Beauharnois	St-Laurent	1932	1948	24,5	8	37,3	1574
Section 1					6	40,0	
Section 2			1950	1953	24,5	9	
Section 3		1959	1961	24,5	10	55,25	
Bersimis 1	Bersimis	1956	1958	240	8	114,0	912
Chute des Passes	Peribonka	1959	1960	165	5	148,5	742,5
Shipsaw	Saguenay	1942	1943	64	2	58,5	717
					10	60,0	
Bersimis 2	Bersimis	1959	1960	116	5	131,0	655
Carillon	Ottawa	1962	1964	19	14	46,75	644,5
Manic 2	Manicouagan	1965	1965	70	5	127,0	635
Isle Maligne	Saguenay	1925	1937	34	12	28,0	336
McCormick (Manic 1)	Manicouagan	1951	1965	28	2	35,62	311,25
					3	40,0	
					2	60,0	
Trenche	St-Maurice	1950	1955	49	6	47,7	286,2
Beaumont	St-Maurice	1958	1959	38	6	40,5	243
La Tuque	St-Maurice	1940	1955	35	6	36,0	216

und 1971 in Betrieb gesetzt. Zwei weitere Reaktoren sind ebenfalls geplant.

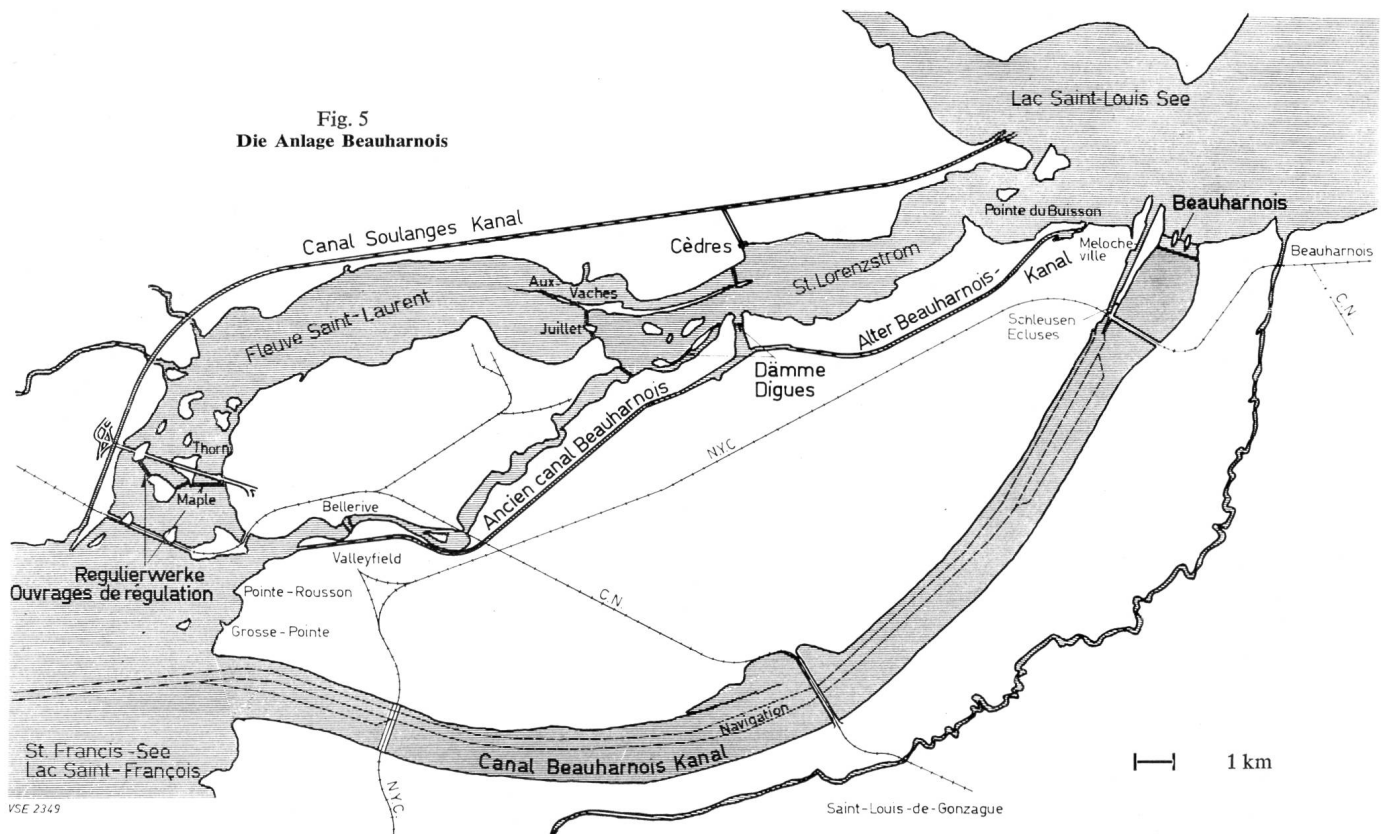
Das Kernkraftwerk Gentilly am Südufer des St.-Lorenz-Stromes wird für die Kühlung Siedewasser verwenden, was die Baukosten herabzusetzen erlaubt. Seine Inbetriebnahme mit einer Leistung von 250 MW wird 1971 erfolgen.

Kanada verfügt ausserdem über Kernforschungszentren in Whiteshall in der Provinz Manitoba, Chalk River und Sheridan Park in der Gegend von Ontario, welche für die physikalischen, chemischen, biologischen und medizinischen Grundlagenforschungen über 5 Reaktoren verfügen.

d) Die Aufteilung des Stromverbrauches

Die Struktur des Stromverbrauches ist aus der Tabelle III ersichtlich, aus welcher ausserdem die hervorragende Bedeutung des industriellen Sektors hervorgeht, welcher 55 % der gesamten jährlichen Energieerzeugung Kanadas beansprucht.

Annähernd 75 % der vom Bergbau benötigten Energie wird für die Giessereien sowie die Verarbeitung von Metallen und Erzen verwendet, besonders für die Produktion von Aluminium und Asbest. Bei dieser Gelegenheit sei übrigens noch erwähnt, dass Kanada einen Viertel der Weltpro-



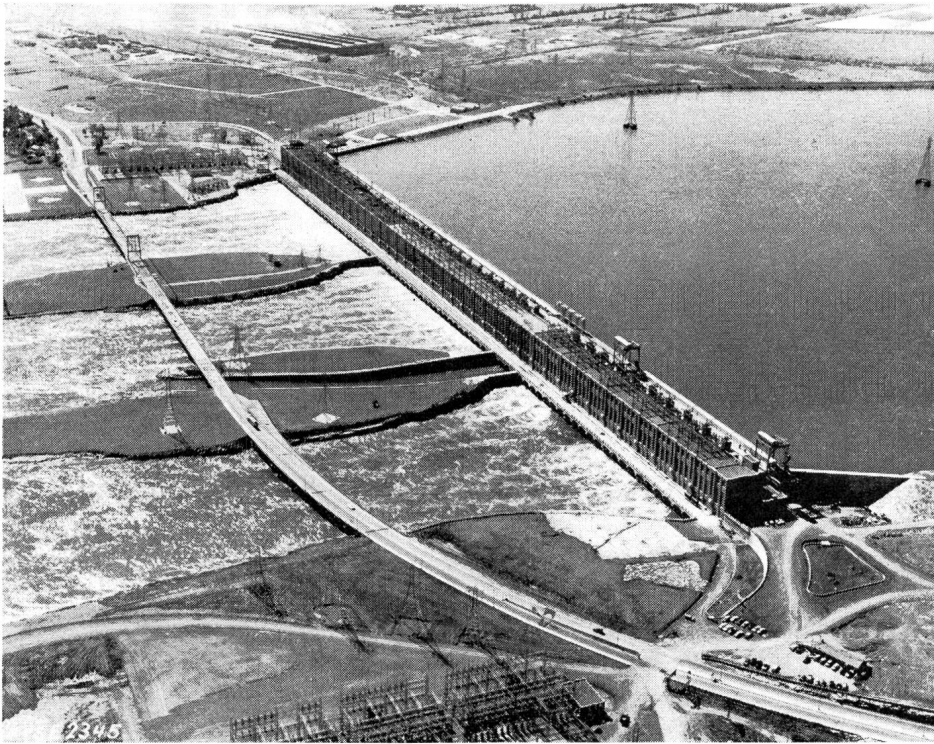


Fig. 6
Gesamtansicht der Anlage Beauharnois

duktion an Aluminium und die Hälfte der Weltproduktion an Asbest liefert.

3. Die Tätigkeit der Hydro-Quebec

a) Entwicklung und Kosten der Energieerzeugung der Hydro-Quebec

Als im Jahre 1944 gegründete Gesellschaft vereinigte die Hydro-Quebec 1963 die übrigen Verteilwerke elektrischer Energie der Provinz Quebec. Zur Zeit beschäftigt sie nahezu 12 000 Mitarbeiter, die auf den verschiedenen Baustellen tätige Belegschaft von etwa 7000 Personen nicht mitgerechnet.

Die mittlere Jahresbesoldung der Angestellten übersteigt \$ 10 000.— (Fr. 40 000.—) und bekundet damit den hohen Lebensstandard in Kanada. Die Fig. 2 zeigt den Wolkenkratzer im Zentrum von Montreal, wo die Verwaltung dieser Gesellschaft untergebracht ist.

Die Fig. 3 veranschaulicht die Entwicklung der Energieerzeugung der Hydro-Quebec, deren installierte Leistung zur Zeit 8000 MW übersteigt und deren Jahresproduktion ungefähr 50 000 GWh beträgt. 95 % dieser Produktion wird durch hydraulische Kraftwerke erzeugt, deren Speicherbecken einen Energieinhalt von mehr als 13 000 GWh aufweisen. Der spezifische Jahresverbrauch pro Einwohner beträgt in der Provinz Quebec fast 10 000 kWh.

Der gesamte Jahresertrag der Stromlieferungen der Hydro-Quebec erreichte 1966 für insgesamt 44 000 GWh die Summe von 313 Millionen Dollar, was einem mittleren Verkaufspreis von 2,84 Schweizerappen pro kWh entspricht. Die Haushaltsabnehmer beanspruchten 8340 GWh, was einen Verkaufsertrag von 102 Millionen Dollar und einen mittleren Verkaufspreis von 4,9 Rappen/kWh ergab. Dabei muss noch berücksichtigt werden, dass diese Preise trotz den relativ hohen Lohnkosten, dem sehr ausgedehnten Verteilnetz und einem höheren Zinsfuß der Anleihen gegenüber

der Schweiz erzielt werden konnten. So wurden die 250 Millionen Anleihekaptial der Hydro-Quebec 1966 zu einem mittleren Zinsfuß von 5,9 % hereingebracht.

b) Allgemeine Angaben über einige der bedeutendsten Anlagen der Hydro-Quebec

Die Provinz Quebec besitzt mehr als 83 hydroelektrische Kraftwerke; das älteste noch im Betrieb stehende Kraftwerk, die Zentrale von Rock Forest am Fluss Magog, wurde 1911 mit einer Gesamtleistung von 3 MW errichtet. Als bedeutendste Kraftwerkbauten seien in diesem Zusammenhang die Zentrale von Beauharnois erwähnt sowie die Anlagen von Bersimis und Manic, die gegenwärtig errichtet werden. Das Projekt der Churchill-Fälle im Norden von Quebec zählt

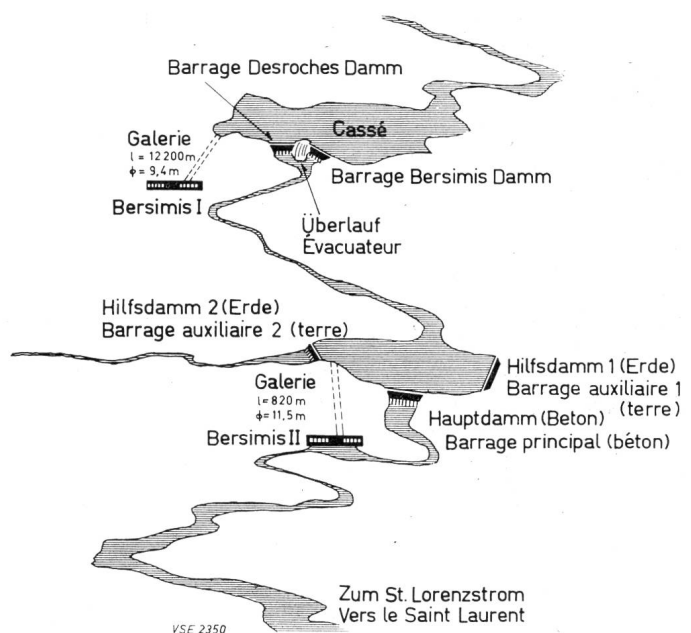


Fig. 7
Anlagen Bersimis I und II



Fig. 8
Ansicht der Sperre des Cassé-Sees der
Zentrale Bersimis

ausserdem zu den wichtigsten hydroelektrischen Anlagen der Welt. Fig. 4 zeigt die geographische Lage dieser Werke.

Die wichtigsten Daten der bereits in Quebec in Betrieb befindlichen hydraulischen Kraftwerke sind in der Tabelle IV zusammengefasst. Aus diesen Angaben ist ersichtlich, dass es sich um Anlagen mit niedrigem oder mittlerem Gefälle handelt, da die Fallhöhe zwischen 24,5 und 240 m schwankt. Die Tabelle unterstreicht ebenfalls die im Verlauf der letzten 20 Jahre erzielten Fortschritte im Turbinenbau, da die Einheitsleistung von 40 MW in den dreissiger Jahren auf 150 MW in den sechziger Jahren angestiegen ist.

Das Kraftwerk von Beauharnois mit einer Gesamtleistung von 1574 MW und 36 Einheiten in einem Bau von 900 m Länge nützt den zwischen den Seen von St-François und St-Louis befindlichen St.-Lorenz-Fall aus. Wie aus der Fig. 5 ersichtlich ist, wurde ein Kanal am rechten Flussufer gebaut, der gleichzeitig zur Schifffahrt und zur Speisung des Kraftwerkes von Beauharnois dient, das in 3 Etappen zwischen 1923 und 1961 errichtet wurde. Die Fig. 6 vermittelt einen Überblick über diese Anlage. Die dem Fluss entlang errichteten Staudämme ermöglichen eine Regulierung des Wasserspiegels des St-François-Sees und gewährleisten einen genügenden



Fig. 9
Luftaufnahme der Zentrale Bersimis II

Wasserstand im 23 km langen Kanal, dessen Aushubmasse um 15 % grösser ist als jene des Panamakanals. Die mittlere Energieerzeugung des Kraftwerkes beträgt 11 200 GWh.

Die Fig. 7 bietet eine schematische Darstellung des Ausbaues des Bersimis-Flusses, dessen beide Kraftwerke eine gesamte installierte Leistung von 1567 MW und eine mittlere Energieerzeugung von 7400 GWh aufweisen. Die Staudämme von Deroches und Bersimis speichern die Fluten des Cassé-Sees und bilden einen See von annähernd 800 km². Im ersten Kavernenkraftwerk wird eine Durchflussmenge von 330 m³/s bei einem Gefälle von 165 m ausgenützt, im zweiten ein Durchfluss von 400 m³/s bei einer Fallhöhe von 116 m. Die Fig. 8 und 9 geben Ansichten des Cassé-Sees und der Zentrale Bersimis II wieder.

Die Fig. 10 vermittelt einen Überblick über die allgemeine Anordnung der Anlagen von *Manic-Outardes*, welche nach ihrer Vollendung eine installierte Gesamtleistung von 5476 MW und eine Jahresproduktion von 28 600 GWh erreichen werden. Diese Energie wird durch 7 Kraftwerke an den Flüssen Outardes, Manicouagan und Toulnostouc erzeugt, die sich etwa 300 km unterhalb von Quebec in die Mündung des St.-Lorenz-Stromes ergiessen. Aus der Fig. 11 sind die Längenprofile der Anlagen an den Flüssen von Manicouagan und Outardes ersichtlich. Vorläufig sind erst die beiden Kraftwerke *Manic 1* und *Manic 2* mit einer Gesamtleistung von 947 MW in Betrieb. Die Fig. 12 zeigt eine Ansicht der Sperre und der Zentrale Manic 2. Die Zentrale Manic 5 mit ihrem mehrfach gewölbten Staudamm von 215 m Maximalhöhe und 1,3 km Kronenlänge befindet sich zurzeit im Ausbau; sie soll mit 8 Gruppen von 168 MW und einer Gesamtleistung von 1344 MW ausgerüstet werden und 1970

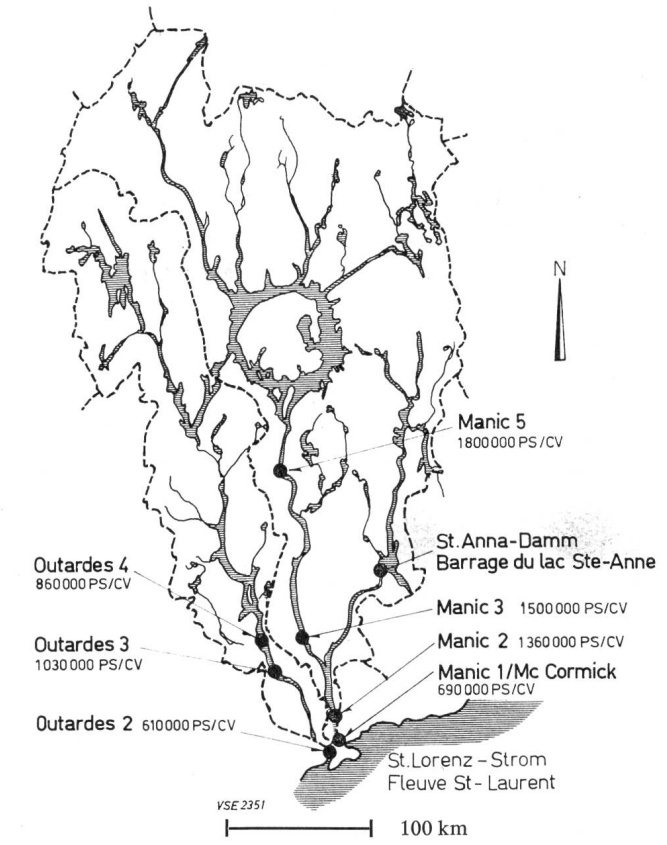


Fig. 10
Anlagen von Manic-Outardes

betriebsbereit sein. Auf der Fig. 13 ist die allgemeine Anordnung dieser Anlage angegeben, während die Fig. 14 die Staumauer, bestehend aus mehreren Bogen, zeigt.

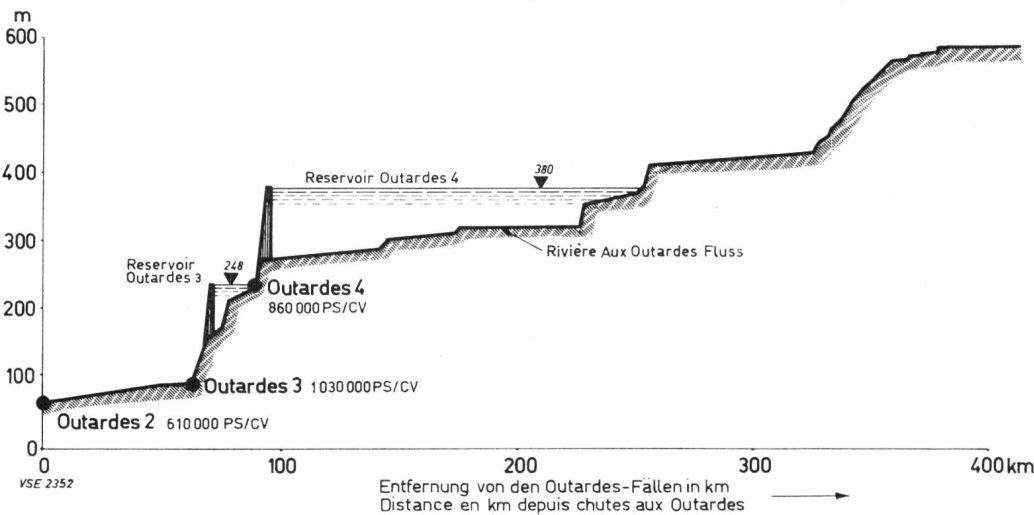
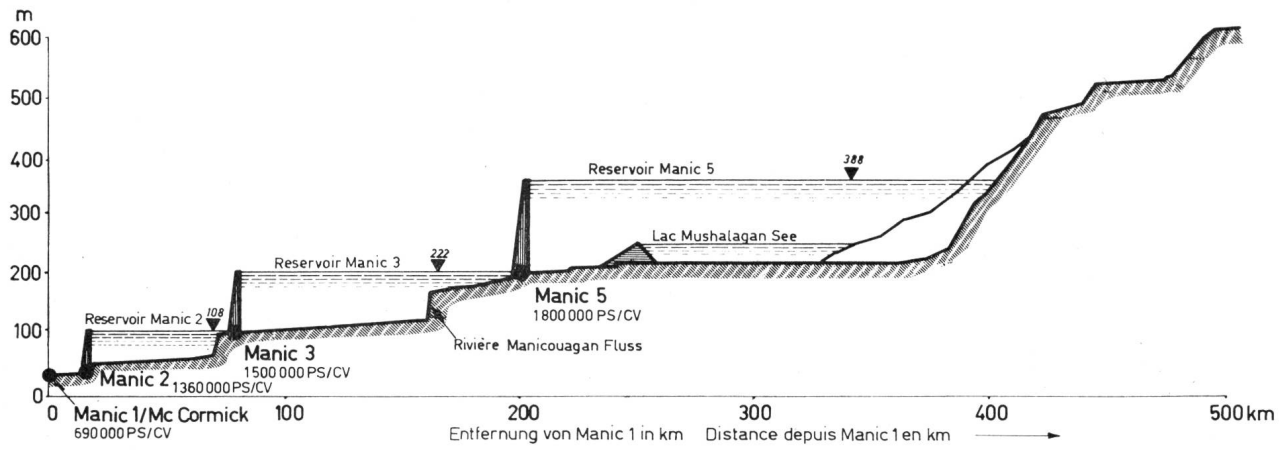


Fig. 11
Profil der Flüsse Manicouagan und Outardes

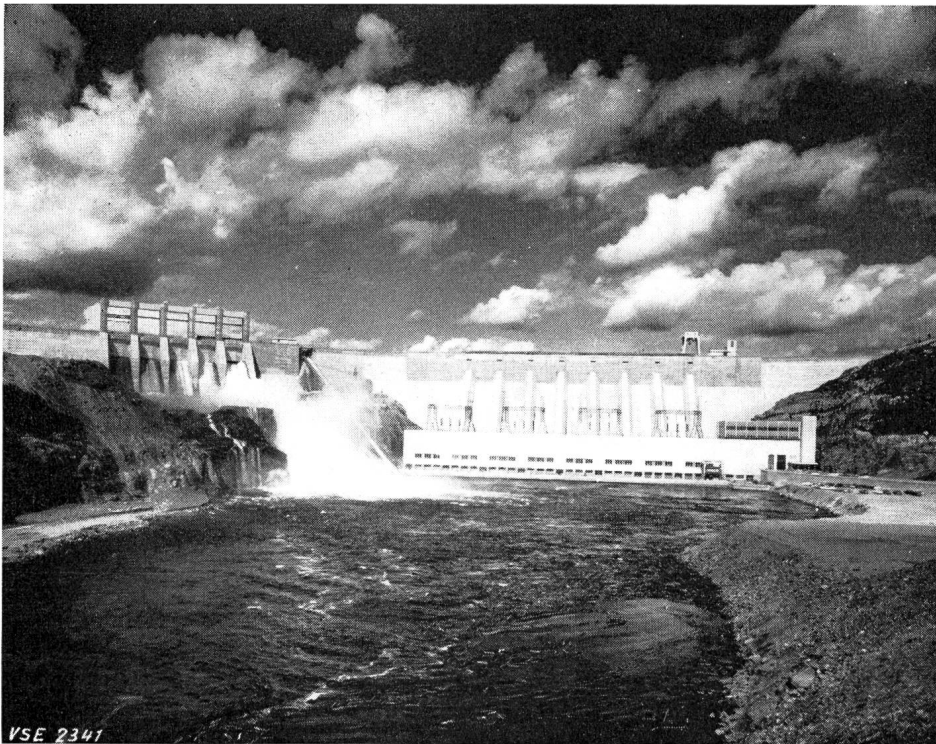


Fig. 12
Ansicht der Sperre und der Zentrale Manic 2

Auch die Kraftwerkanlagen von *Outardes* befinden sich gegenwärtig im Ausbau und werden mit einer Gesamtleistung von 1840 MW voraussichtlich gegen 1971 beendet sein. Die Fig. 15 zeigt das Stauwerk Outardes 3 im Bau.

Die Churchill Fall Power Corporation Limited hat sich vertragsgemäss verpflichtet, der Hydro-Quebec ihre gesamte Energieerzeugung der Churchill-Fälle, welche den Verbrauch in Neufundland übersteigt, zu verkaufen. Diese in Labrador befindlichen Anlagen mit einem Gefälle von 304 m und einer Ausbauwassermenge von ungefähr 1900 m³/s gestatten die Errichtung von 10 Gruppen mit einer Gesamtleistung von 4500 MW und einer Jahresproduktion von 34 000 GWh.

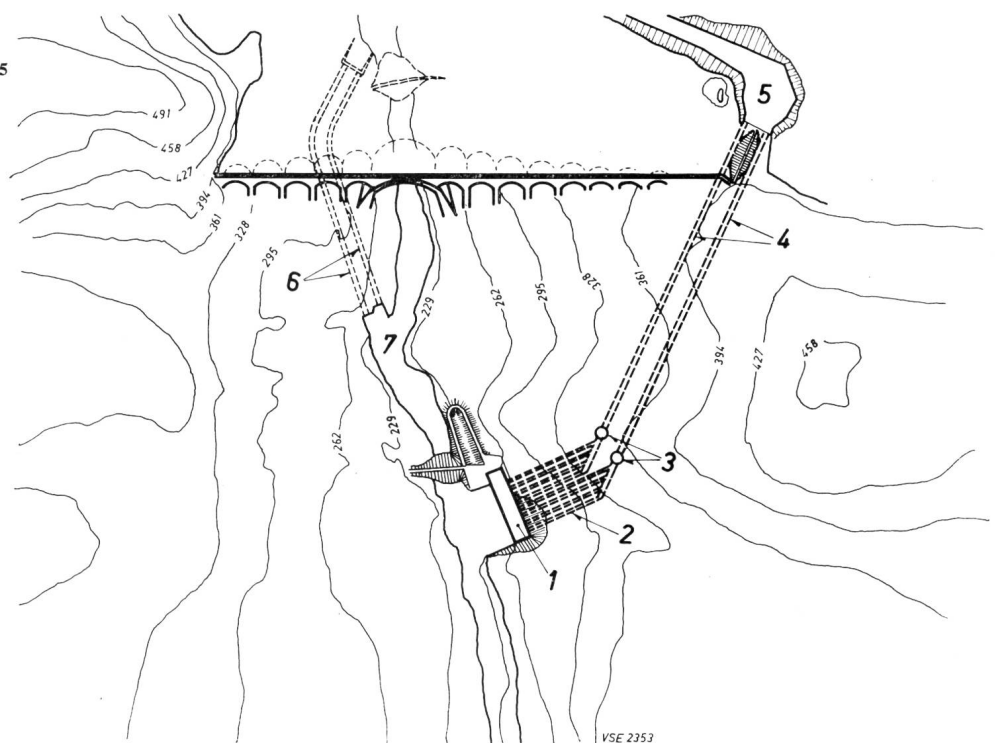
Der Ausbau dieses Komplexes, welcher später zu den bedeutendsten Kraftwerkbauten der Welt zählen wird, soll demnächst begonnen werden. Die Gesteungskosten der hier erzielten Energie sollen ausserordentlich niedrig sein. Auf Fig. 16 sind die Churchill-Fälle zu sehen, wobei die besonders günstigen Voraussetzungen für den Bau eines Wasserkraftwerkes grosser Leistung in die Augen springen.

c) Das Höchstspannungsnetz

Infolge der unermesslichen Ausdehnung Kanadas zeichnet sich das Netz der Hydro-Quebec durch seine grosse Länge aus. Mit 1,55 Millionen Quadratkilometern umfasst die Pro-

Fig. 13
Allgemeine Disposition der Anlage Manic 5

- 1 Kraftwerk
- 2 Druckleitungen
- 3 Wasserschlosser
- 4 Druckstollen
- 5 Einlauf
- 6 Umleitungsstollen
- 7 Flussbett



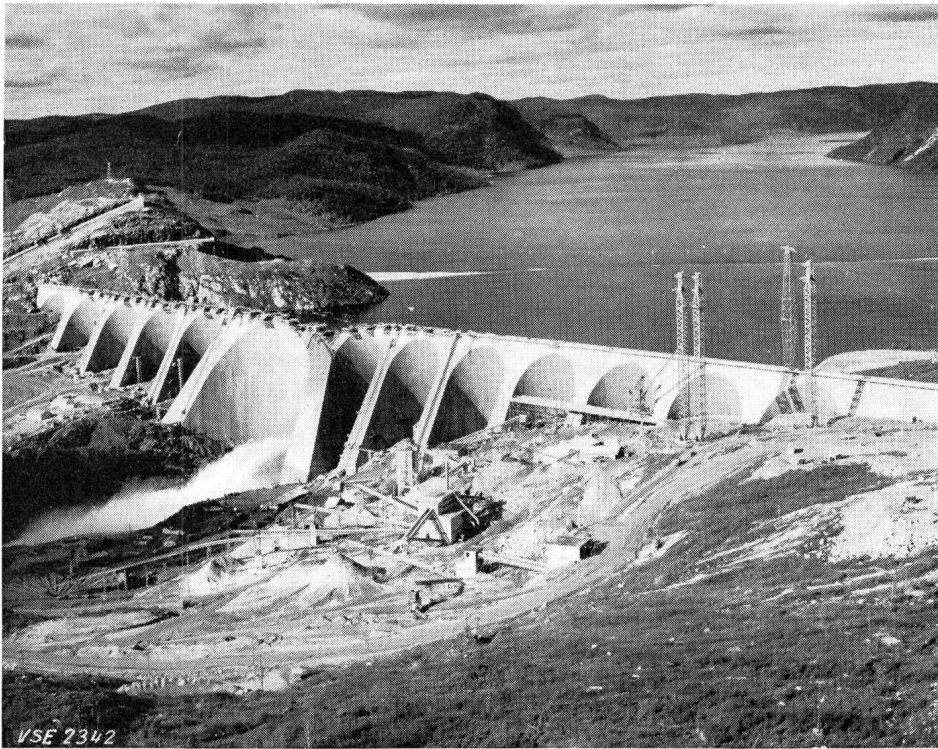


Fig. 14
Staumauer mit Vielfachbogen der Zentrale
Manic 5

vinz Quebec ein Gebiet, das ja flächenmässig dreimal jenem Frankreichs entspricht.

Die Fig. 17 vermittelt einen allgemeinen Überblick über die Höchstspannungsnetze der Hydro-Quebec, welche 1965 mit der Inbetriebnahme der ersten Höchstspannungsleitung der Welt unter 735 kV eine einzigartige Pionierleistung vollbrachte.

Die Fig. 18 bildet ein sehr vereinfachtes Schema dieses 735 kV-Netzes mit Angaben über die Länge der Leitungen, die sich auf eine Distanz von 600 km zwischen der Gegend von Montreal und den Anlagen von Manic Outardes erstrecken. Die Abstände zwischen den Leitungsmasten betragen 280 bis 900 m, mit Ausnahme der Überquerung des St.-Lorenz-Stromes, welche einen Abstand von 1100 bis 1800 m erfordert. Die Höhe der Hochspannungsmasten erreicht 40 m; die Konsolen haben eine Länge von 43 m, und die Phasenleiter sind in einem Abstand von etwa 15 m angeordnet. Bei der Überquerung des rechten Flussarmes des St.-Lorenz-Stromes bei der Ile d'Orléans muss eine Schifffahrtsrinne durch eine Spannweite von 1600 m überbrückt werden. Die dazu erforderlichen Leitungsmasten erreichen eine Höhe von 170 m und wiegen 710 Tonnen, während der Abstand zwischen den Phasenleitern auf 25 m erhöht wurde. Der Strom wird bei jeder Phase durch Vierfach-Bündelleiter übertragen. Die Leiter sind in einem gegenseitigen Abstand von 46 cm angeordnet; diese Distanz wird alle 60 bis 80 m durch Abstandshalter aus Aluminium gewährleistet. Die Leiter aus Stahl/Aluminium haben einen Durchmesser von 3,5 cm und sind an Isolatorenketten von 35 Elementen und einer Gesamtlänge von 13 m befestigt.

Die Leitungsmasten wurden für folgende Betriebsbedingungen berechnet:

- Windstärke 100 km/h,
- Eisbildung von ungefähr 1,3 cm Dicke,
- Bruch sämtlicher Leiter auf einer Seite des Mastes.
- Sicherheitsfaktor 1,4.

Für die Überquerungen wurden Spezialleiter gewählt, die einer Zugkraft von 50 000 kg gewachsen sind.

Zwischen 1968 und 1977 wird die Hydro-Quebec die 735 kV- und die 315 kV-Leitungen um insgesamt 4500 km erweitern; dies erfordert 300 000 Tonnen Stahl und 50 000 km Leiter und bedingt eine Investition von 1,9 Milliarden Franken, was einem spezifischen Kostenaufwand von 420 000 Franken pro km entspricht. Dieses Höchstspannungsnetz wird durch ein Mittel- und Niederspannungsnetz sowie durch ein Verteilnetz ergänzt. Es wird ausserdem ein Fernmelde-netz mit Richtfunkverbindungen (Mikrowellen) gebaut.

Die Angaben bezüglich der durch die bedeutendsten Kraftwerke erzeugten Leistungen werden unmittelbar einem

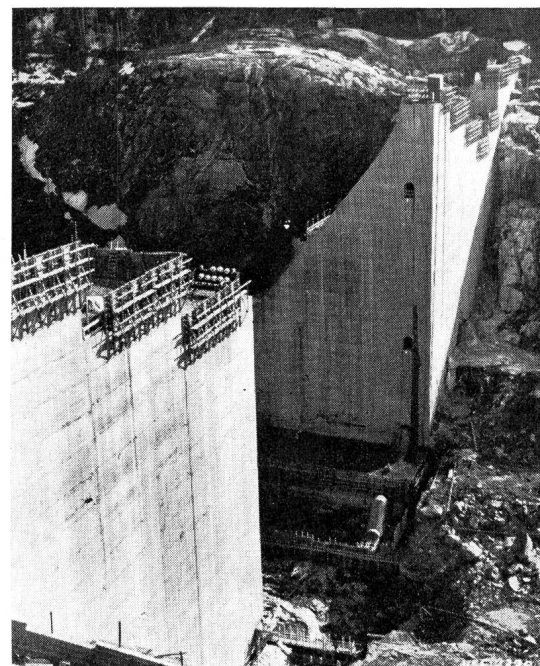


Fig. 15
Sperre Outardes 3 im Bau



Fig. 16
Aufnahme der Churchill-Fälle

Digitalrechner zugeführt, welcher mit einem Kurvenschreiber gekoppelt ist. Die Fig. 19 bietet beispielsweise die Aufzeichnung der von den Bersimis-Anlagen erzeugten Leistung mit Hilfe des an den Fernverbindungen angeschlossenen Digitalrechners mit seinem Kurvenschreiber.

d) Einige Zukunftsaussichten

Voraussichtlich wird die installierte Leistung des Netzes der Hydro-Quebec, die sich gegenwärtig in der Größenordnung von 8000 MW bewegt, im Jahre 1980 mehr als 20 000 MW und am Ende des Jahrhunderts 70 000 MW er-

reichen. Diese Leistungsverstärkung wird ab 1980 vorwiegend durch Öl- und Kernkraftwerke erfolgen.

Die jährlichen Investitionen, welche sich heute im Bereich von 1,2 Milliarden Franken bewegen, werden 1980 bereits 2,5 Milliarden betragen und im Jahre 2000 auf 6 bis 8 Milliarden ansteigen.

In absehbarer Zeit wird sich die Hydro-Quebec mit dem Problem der Energieübertragung auf weite Strecken auseinandersetzen müssen. Um die an den Churchill-Fällen gewonnene Energie auf eine Distanz von 1350 km nach Montreal zu leiten, beabsichtigt man, Wechselstromleitungen von 735 kV zu bauen.

Das Netz der Hydro-Quebec läuft gegenwärtig nicht parallel mit dem benachbarten Netz von Ontario, da dieses an das Netz im Nordosten der Vereinigten Staaten angeschlossen ist. Der Energieaustausch erfolgt durch getrennte Maschinen oder durch Abtretung von Wasser in gemeinsamen Kraftwerken. Heutige Studien befassen sich mit den sich aus dem Verbundbetrieb ergebenden Problemen, wie beispielsweise die Erhöhung der Kurzschluss-Leistungen und die Stabilität der Energieübertragung über die im Netze der Hydro-Quebec üblichen äusserst grossen Strecken.

Zur eingehenden Untersuchung dieser vielen Fragen auf dem Gebiete der sehr hohen Leistungen und der Höchstspannungen wurde durch die Hydro-Quebec ein Forschungszentrum in Boucherville in der Nähe von Montreal errichtet.

4. Schlussfolgerungen

In mancher Beziehung bildet Kanada ein Bindeglied zwischen Europa und den Vereinigten Staaten. Gleich es auch flächenmässig eher Amerika, so ist es andererseits durch die Anzahl seiner Einwohner und die ihm zur Verfügung stehenden Mittel eher mit europäischen Ländern zu vergleichen. Die im Netze der Hydro-Quebec installierte Leistung wie auch die Art der Energieerzeugung ähnelt den Verhältnissen in den schweizerischen Netzen.

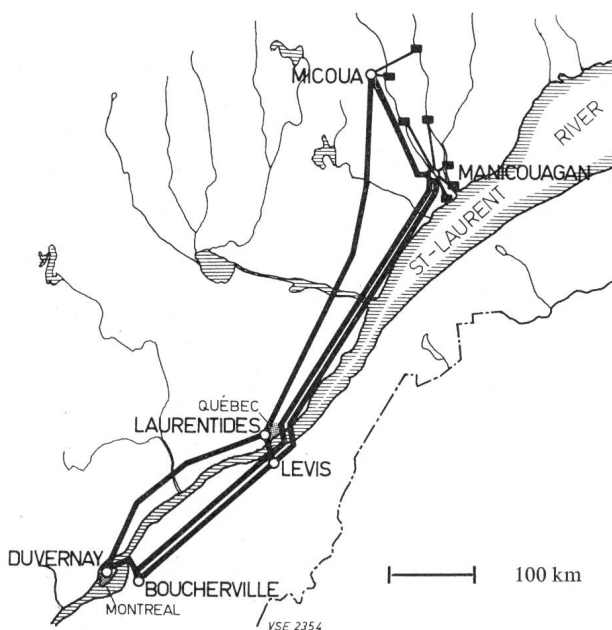


Fig. 17
735 kV-Übertragung
— Leitung
■ Kraftwerk
○ Unterwerk

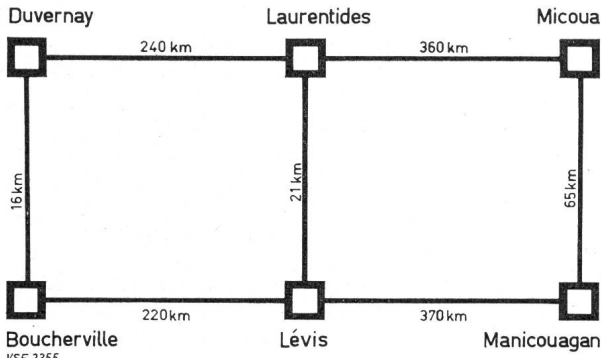


Fig. 18
Vereinfachtes Schema des 735 kV-Netzes

Aus diesem Grunde bieten die von ihr getroffenen Lösungen und ihre aussergewöhnliche Leistungsfähigkeit, speziell die äusserst niedrigen Gesteungskosten ihrer Energieerzeugung, gerade für die Schweiz ein ganz besonderes Interesse; wenn die grossen Distanzen, welche ihr Netz bewältigen muss, ihr auch aussergewöhnliche Probleme auferlegen, so verläuft doch ihre Entwicklung in ähnlicher Weise wie bei den schweizerischen Netzen, speziell in Hinsicht auf den zunehmenden Beizug der thermischen Energieerzeugung in einem Netz, das bisher vorwiegend durch hydroelektrische Kraftwerke gespeist wurde.

Die Hydro-Quebec bildet eine öffentliche Institution unter autonomer Verwaltung. Die Zweckmässigkeit ihrer Organisation und ihrer Lösungen hinsichtlich der Erzeugung, der Übertragung und der Verteilung elektrischer Energie wird durch die Tatsache offenkundig, dass Quebec eine jener Gegenden der Erde ist, wo der Strom am billigsten ist, was

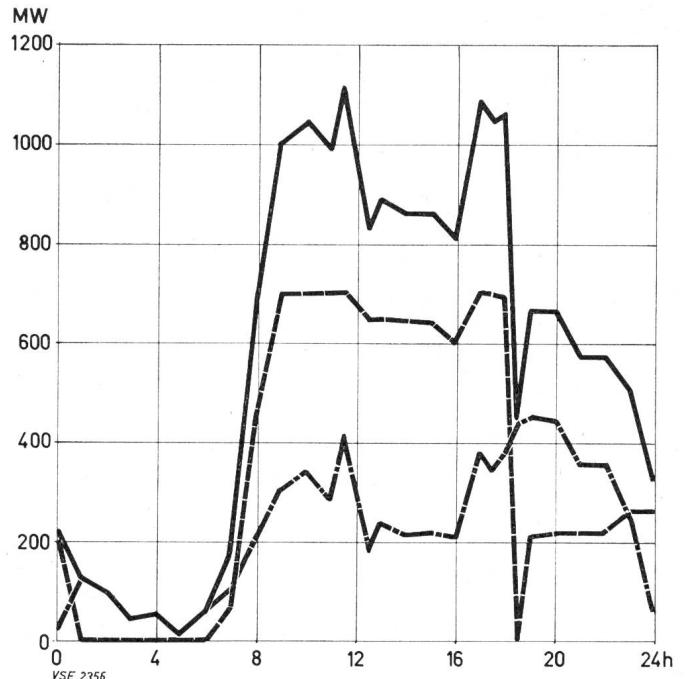


Fig. 19
Tagesleistungen der Bersimis-Anlagen
— Total
- - - Bersimis I
- · - · Bersimis II

ihre gesamte Volkswirtschaft auch entsprechend günstig beeinflusst hat.

Adresse des Autors:

Dr. sc. techn. M. Cuénod, Dipl. Ing. ETH, Société Générale pour l'Industrie, 17, rue Bovy-Lysberg, 1211 Genf.

Kongresse und Tagungen

Mit dem Technischen Komitee für Beeinflussungsfragen (TKB) in Krems an der Donau vom 14. bis 16. Mai 1968

Es war dies schon die 54. Sitzung des TKB der Österreichischen Bundesbahnen, der Post- und Telegraphenverwaltung und des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs, dessen Geschäftsstelle sich am Brahmplatz 3 in Wien befindet.

Wie Dipl.-Ing. Dr. techn. W. Erbacher, der Tagungspräsident, bei der Eröffnung im Sitzungssaal der Betriebsdirektion Krems der Niederösterreichischen Elektrizitätswerke AG (NEWAG) erklärte, sind die Sitzungen des TKB mit internationalen Gästen der Besprechung von Beeinflussungsproblemen im kleinen Kreis unter Pflege des persönlichen Kontaktes gewidmet. Sie sollen auch eine Plattform bilden für den internationalen Gedankenaustausch ohne den Segen der grossen internationalen Organisationen. Die wachsende Beliebtheit der Sitzungen des TKB erhellt aus der folgenden Zusammenstellung:

Jahr	Ort	Teilnehmer	davon Ausländer
1961	Innsbruck	36	14
1963	Wien	41	15
1966	Villach	81	25
1968	Krems	100	58

In Krems stammten die 100 Teilnehmer (wovon 37 Damen) aus 10 europäischen Nationen; 37 kamen aus der Bundesrepublik Deutschland, 8 aus Jugoslawien. Die Gastgeber stellten wohl den grössten Harst, aber nicht die Mehrheit der Teilnehmer. Die Schweiz war vertreten durch Herrn Ing. Hans Meister, Abteilung Forschung und Versuche der GD PTT und den Berichterstatter.

*

Der erste Tag der reichbefrachteten Fachsitzungen war den Massnahmen bei der Beeinflussung von Rohrleitungen durch

Hochspannungsleitungen gewidmet. Nach einer einlässlichen und theoretisch gut fundierten Einführung von Dr.-Ing. R. Muckenhuber (A) über «Die induktive Beeinflussung von Rohrleitungen durch Hochspannungsleitungen», wo genaue Berechnungsformeln und Näherungsverfahren angegeben wurden, traten der Referent und der Vorsitzende auf die Technischen Empfehlungen TE 30 des TKB ein, die den Stand vom Mai 1968 wiedergeben.

Anschliessend äusserte sich Dipl.-Phys. W. von Baeckmann (D) über Massnahmen an hochspannungsbeeinflussten Rohrleitungen, wobei er nur die Netze mit starr geerdetem Nullpunkt berücksichtigte. Näherungsformeln geben genügend genaue Resultate. Er wies auf die geringe Wahrscheinlichkeit des Zusammenstreffens von Erdkurzschlüssen und Rohrleitungsberührungen hin; hier schälte sich denn auch eines der an der Tagung am meisten diskutierten Probleme (der «Erwartungsfaktor») heraus. Dem Referenten ging es aber hauptsächlich um den Schutz der Einrichtungen zum kathodischen Schutz der Rohrleitungen und um die Reduktion der induzierten Rohr/Bodenspannungen durch galvanische Anoden. Mit dem von der deutschen Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (SfB) in Verbindung mit der Arbeitsgruppe für Korrosionsfragen (AfK) festgelegten Höchstwert für die induzierte Spannung von 600 V gegen Erde kam ein weiteres höchst wichtiges Problem aufs Tapet, das durch alle folgenden Diskussionen geisterte.

Anschliessend referierte der Berichterstatter über die schweizerischen Richtlinien für Sicherheitsmassnahmen bei der Annäherung von Starkstromanlagen an Rohrleitungsanlagen zur Beförderung flüssiger oder gasförmiger Brenn- und Treibstoffe. Es erweist sich, dass diese Richtlinien in den Sicherheitsansprüchen offenbar am weitesten gehen, was zum grössten Teil auf die in der Schweiz üblichen hohen Werte des Bodenwiderstandes zu-