Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 86 (1968)
Heft: 35

Artikel: Die Ausnutzung der kanadischen Wasserkräfte
Autor: Kroms, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-70122

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.02.2026

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

HERAUSGEGEBEN VON DER VERLAGS-AKTIENGESELLSCHAFT DER AKADEMISCHEN TECHNISCHEN VEREINE, ZÜRICH

Die Ausnutzung der kanadischen Wasserkräfte

DK 621.29:621.2.09

Von Dipl.-Ing. **A. Kroms**, Boston, USA

1. Die Energiegrundlage

Die Wasserenergie muss an ihren naturgegebenen Vorkommen in elektrische Energie umgesetzt werden. Wasserkraftwerke sind deshalb typische standortsgebundene Energieerzeugungsanlagen. Dieser Umstand hat die Erschliessung vieler solcher Energiequellen gehindert. Die Wasserkräfte liegen nicht selten weit entfernt von den Schwerpunkten des Energiebedarfs – den Grossstädten und Industriezentren. Die grossen Entfernungen haben die Ausnutzung zahlreicher abseits liegender Wasserkräfte sogar dann aufgeschoben, wenn sie technisch günstig abbauwürdig sind. Dies bezieht sich besonders auf die im hohen Norden liegenden Wasserkräfte. Die nördlichen Flüsse tragen nicht selten riesige Wassermengen und stellen ergiebige Energiequellen dar. Die Möglichkeiten der Einsetzung dieser Energiequellen in die elektrische Energiewirtschaft hängen von der Entwicklung des Energieferntransports ab. Noch unlängst war es nicht möglich, die grossen Energiemengen aus dem hohen Norden den dicht bevölkerten südlichen Gebieten zuzuführen, weil die in Frage kommenden Entfernungen, welche nicht selten 1000 km überschreiten, nicht bewältigt werden konnten. Zurzeit ist dieses Problem in den meisten Fällen gelöst worden, weil es jetzt möglich ist, die Grundlastenergie sogar auf Entfernungen von $\geqq$ 2000 km wirtschaftlich tragbar zu überleiten; gute Aussichten hat beim Ferntransport der Hochspannungs-Gleichstrom.

Die Fernübertragung hat die Lage in der Ausbeutung der nördlichen Wasserkräfte verändert. Deshalb ist eine rege Tätigkeit im Ausbau dieser bisher brachliegenden Energiequellen zu verzeichnen. Billige Wasserenergie wird von den nördlichen, unbesiedelten Gebieten in südliche Richtung geleitet und nimmt in der Energiebilanz einiger nördlicher Länder eine beachtliche Rolle ein. Diese Tendenz ist auch in der kanadischen Energiewirtschaft klar wahrzunehmen, weil Kanada eines der Länder darstellt, welche über reichliche Wasserkräfte in den nördlichen Gebieten verfügen. Dort wiederholt sich derselbe Vorgang, der in anderen nördlichen Ländern (Schweden, Finnland u. a.) verläuft: Wasserenergie wird auf erhebliche Entfernungen nach Süden übertragen, um von den dort gelegenen Städten und Industriegebieten verbraucht zu werden [1].

Kanada ist ein grosses, dünn besiedeltes Land, mit einer Oberfläche von $11{,}8 \cdot 10^6$ km² und einer Bevölkerungszahl von nur 20 Millionen. Seine Ausdehnung erreicht in ost-westlicher Richtung 5500 km, in nord-südlicher Richtung 4500 km. Die westlichen Provinzen stellen ein wildes Hochgebirgsland dar, wogegen in der Mitte sich ein weites Flachland (Prärien) erstreckt. Kanada ist in zehn Provinzen und zwei Territorien eingeteilt, Bild 1 [2]. Die Bevölkerung ist vorwiegend in der südlichen Zone, längs der USA-Grenze, konzentriert, wogegen die nördlichen Gebiete sehr spärlich besiedelt sind. Die wichtigste Energiequelle Kanadas

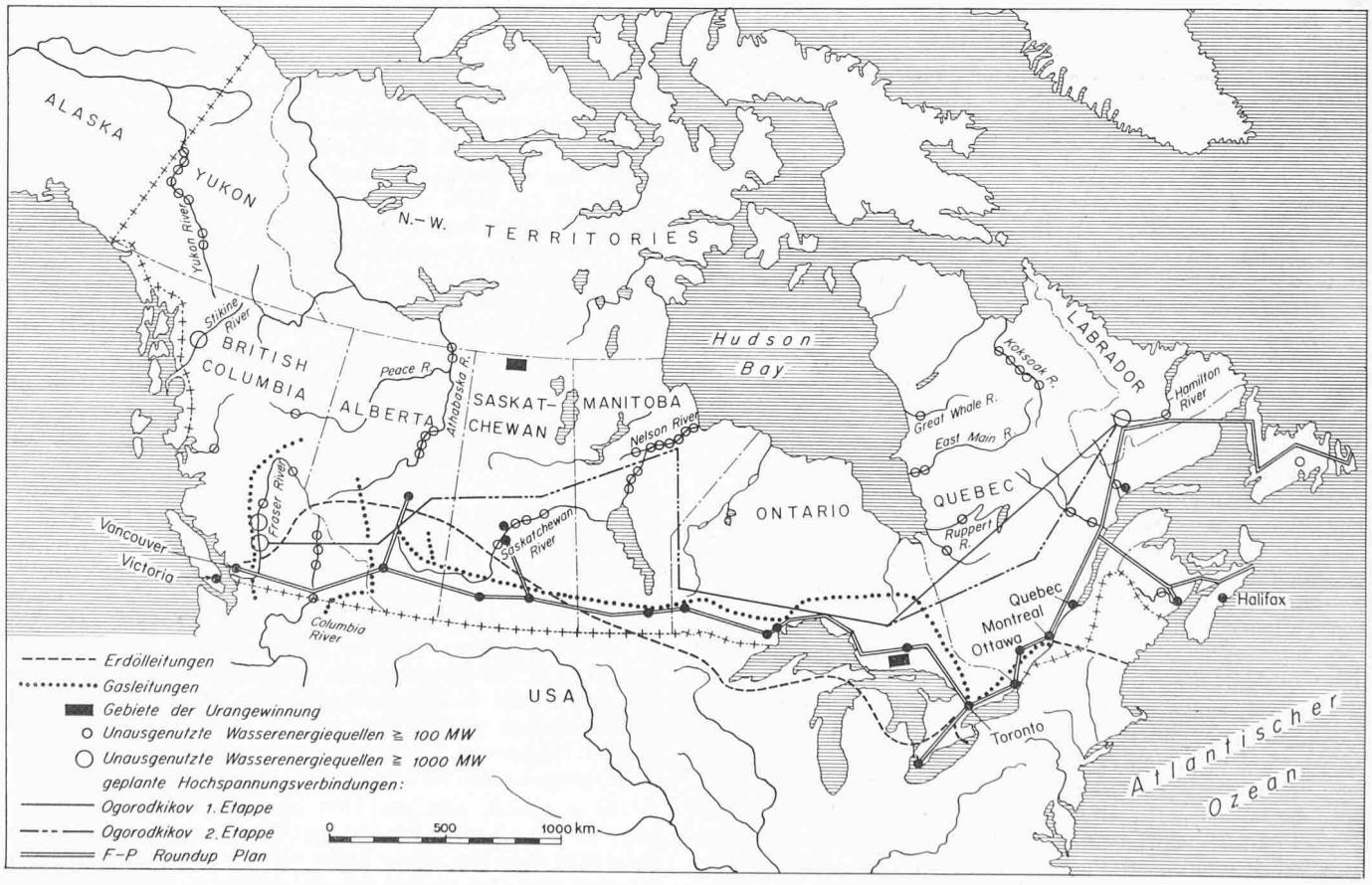


Bild 1. Energiegebiete, Pipeline-Verbindungen und die geplanten Hochspannungs-Fernverbindungen zwischen den Wasserkraftgebieten Kanadas

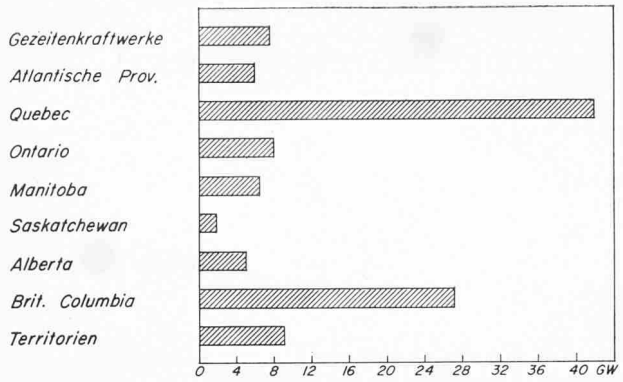


Bild 2. Die Lagerung der kanadischen Wasserkräfte

ist Wasserkraft, Bild 2 [3], obgleich im westlichen Teil auch Vorräte an Erdgas, Öl und Kohle vorhanden sind, wobei Erdgas den wichtigsten Brennstoff darstellt. Ausserdem verfügt Kanada über beträchtliche Lagerstätten der Uranerze.

Man sieht aus Bild 1, dass die grössten Wasserkräfte sich in den östlichen Provinzen (Quebec) und im fernen Westen (British Columbia, Yukon) befinden, wogegen die mittleren Provinzen nur über mässige Wasserkraftreserven verfügen. Die wasserreichen Flüsse der Provinz Quebec können in Mittel- und Niederdruck-Wasserkraftwerken ausgenutzt werden; British Columbia, an der pazifischen Küste, ist dagegen das Gebiet der Hochdruckwerke. Die Wasserkraftwerke liefern in Kanada rund 80 % der elektrischen Energie. Die sechsmonatliche Leistung der noch nicht ausgebauten kanadischen Wasserkräfte wird auf 63 GW geschätzt, weshalb hier noch reichliche Reserven an Wasserenergie vorhanden sind [4]. Da der Energiebedarf rasch zunimmt, müssen diese Wasserenergiequellen möglichst schnell in die Energieversorgung hineingeschlossen werden, weil sonst zur Deckung der Bedarfszunahme thermische Kraftwerke erstellt werden müssen, die teilweise mit importierten Brennstoffen arbeiten und dadurch die Handelsbilanz des Landes verschlechtern würden.

Der Ausbau der im Norden liegenden Wasserkräfte wird durch das herbe Klima und die grossen Entfernungen des Energietransports gehindert. Ein schwieriges Problem ist ausserdem die Beschaffung der grossen finanziellen Mittel zur Errichtung der Wasserkraftwerke und der teueren Hochspannungslinien. Die thermischen Anlagen benötigen eine erheblich geringere Kapitalanlage, besonders weil bei ihnen auch die Kosten der Fernübertragung der Energie fortfallen. Als ein neuer Faktor kommt hier letzthin die Entwicklung der Kernkraftwerke hinzu. Die Kernenergieanlagen können in naher Zukunft den Ausbau der Wasserkräfte verlangsamen oder sogar beenden, besonders weil die nördlichen Flüsse ausschliesslich zur Energieerzeugung dienen können, wogegen die Bedürfnisse anderer Wasserwirtschaftszweige – der Schiffahrt, der Bewässerung u. a. – in diesen Gebieten keine wichtige Rolle spielen.

Die Erschliessung der Wasserenergie in Kanada wird durch den raschen Anstieg des Energiebedarfs und den Mangel an anderen ergiebigen Energiequellen gefördert. Der Flussausbau beansprucht aber grosse Kapitalanlagen, wodurch das Tempo der Bauarbeiten verlangsamt wird. Die Ausfuhr der Wasserenergie nach den USA wurde von der kanadischen Regierung bisher nur in beschränktem Masse genehmigt, weil sie die Meinung vertritt, dass zur Förderung der Nationalökonomie die Naturschätze im eigenen Lande ausgenutzt werden müssen. Letzthin hat die Regierung ihre Stellung bezüglich des Energieexports aber aus folgenden Gründen geändert:

Der Kapitalknappheit wegen wird Kanada nicht imstande sein, seine reichlichen Wasserkräfte mit nur eigenen finanziellen Mitteln im Laufe einiger Jahrzehnte vollständig auszubauen. Obgleich Wasserkraft eine unversiegende Energiequelle ist, stellt doch die unausgenutzte Wasserenergie einen volkswirtschaftlichen Verlust dar; deshalb müssen die vorhandenen Wasserkräfte nach Möglichkeit schnell zur Energieerzeugung herangezogen werden, um die versiegenden Primärenergieträger (Brennstoffe) zu sparen. Aus diesem Grunde wäre es für Kanada vorteilhaft, das benötigte Baukapital aus den USA zu beziehen und Energie zeitweilig an die USA abzugeben, so dass nach dem Ablauf des Abkommens Wasserenergie in eigener Wirtschaft verwertet werden könnte. Man hat sowohl in Kanada als auch in den USA erkannt, dass eine dergleiche Zusammenarbeit in der Ausnutzung der kanadischen Wasserenergiequellen Vorteile für beide Länder mit sich bringen wird. Der Energieexport wird hier durch mehrere Faktoren begünstigt:

a) Kanada verfügt noch über reichliche unausgenutzte Wasserkräfte;

b) In den USA herrscht ein hoher Energiebedarf; da die günstigsten Wasserkräfte aber schon ausgebaut worden sind, muss die Bedarfszunahme vorwiegend mittels der thermischen Kraft gedeckt werden [5, 6, 7].

c) Die Hochspannungstechnik ermöglicht den wirtschaftlich tragbaren Transport der Wasserenergie aus dem Norden Kanadas in die Verbrauchszentren der USA.

Die kanadische Regierung ist deshalb zur Ansicht gelangt, dass es im nationalen Interesse liegt, die Wasserenergie aus den abseits liegenden Wasserkräften an die USA abzugeben; dadurch könnten die benötigten Baumittel schnell angeschafft und günstig ausgenutzt werden. Die Abgabe der Wasserenergie wird aus verschiedenen Flusssystemen Kanadas erwogen [5]. In den nördlichen Gebieten – Labrador, Rocky-Gebirge u. a. – sind günstig auszubauende Wasserkräfte vorhanden, wogegen südlich der USA-Grenze grosse Zentren des Energiebedarfs – New York, Chicago u. a. – liegen, welche grosse Mengen Wasserenergie abnehmen können. Falls darüber keine Vereinbarung in naher Zukunft getroffen wird, müssen bei den erwähnten Verbrauchszentren grosse thermische Kraftwerke erstellt werden. Als erster praktischer Schritt der Zusammenarbeit kann das abgeschlossene Abkommen bezüglich der gemeinsamen Ausnutzung des Columbia-Flusses an der Westküste Amerikas angesehen werden. Auf dem Mittel- und Unterlauf des Flusses, innerhalb der USA, wird schon eine Kraftwerkskette betrieben, wogegen der in den Gebirgen von British-Columbia liegende Oberlauf noch nicht ausgebaut worden ist. Staudämme auf der oberen Flussstrecke können aber zum Ausgleich des Jahresabflusses und zur Abwendung von Hochwasserschäden wesentlich beitragen. Das ausgeglichene Wasserdargebot wird die Jahresarbeit der Kraftwerkskette erhöhen; ausserdem können die Möglichkeiten der Feldbewässerung durch die zusätzlichen Wasservorräte verbessert werden [8].

Der Energieexport nach den USA wird durch die Form des kanadischen Territoriums und die Lagerung der Wasserenergiequellen begünstigt. Kanada hat eine lange, gemeinsame Landgrenze mit den USA, wobei die kanadischen Wirtschaftszentren an dieser Grenze liegen. Die wichtigsten Wasserkräfte befinden sich im Osten und Westen Kanadas, so dass zu ihrem Zusammenschluss in ein kanadisches Verbundnetz sehr grosse Entfernungen überwunden werden müssten, Bild 1 [9]. Es ist deshalb günstiger, Energie nach Süden zu richten und die kanadischen Hochspannungslinien den schon ausgebauten Verbundnetzen der USA anzuschliessen. Die Verbrauchszentren der USA sind imstande, die leistungsfähigen Wasserkraftwerke Kanadas gleich nach ihrer Inbetriebnahme vollständig auszulasten und eine günstige Ausnutzung der grossen Kapitalanlagen zu gewährleisten.

Neben den beschriebenen Umständen ist hier in der letzten Zeit ein neuer Faktor hinzugetreten, der ebenfalls den beschleunigten Ausbau der Wasserkräfte begünstigt. Falls der Bau von Wasserkraftwerken allzulange aufgeschoben würde, dann müssten in den Gebieten des Energieverbrauchs Kraftanlagen anderer Art erstellt werden. Gute Aussichten haben hier *Kernkraftwerke,* weil sie bereits gegenüber anderen Kraftwerktypen konkurrenzfähig sind [10, 11]. Die Baukosten der Kernkraftwerke gehen allmählich zurück, und da die verbrauchsnahen Wasserkräfte meistens schon ausgebaut worden sind, erwartet man, dass in den kommenden Jahren die Energiekostenkurven der Wasser- und der Kernkraftwerke sich kreuzen werden, Bild 3 [12].

Man schätzt, dass um 1970 bis 1975 die Kernkraftwerke imstande sein werden, Energie für $< 0{,}4$ cents/kWh zu liefern; diese Zahl liegt nur etwas höher als die Gestehungskosten der Wasserenergie. Aus diesem Grunde werden in Kanada trotz der reichlichen Reserven an Wasserenergie auch Atomkraftwerke ge-

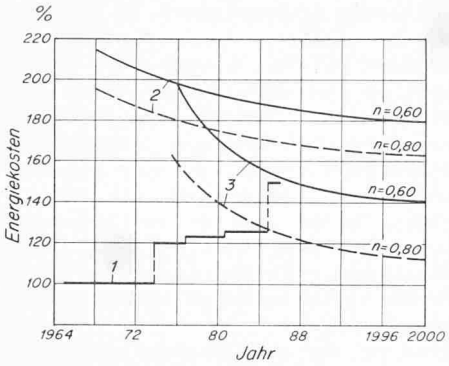


Bild 3. Voraussehbare Entwicklung der Energiekosten an den Verbrauchsstellen (in relativen Zahlen)

1 Wasserkraftwerke in der Provinz Quebec
2 Brennstoffkraftwerke
3 Kernkraftwerke
n Ausnutzungsfaktor

plant und gebaut. Die neuen Wasserkraftwerke müssen mit Hinsicht auf ihren zukünftigen Betrieb in grosse Verbundnetze geplant werden; aus diesem Grunde wird in regelbaren Wasserkraftwerken eine grössere Maschinenleistung zur Aufnahme der unterbrochenen Tageslastzone oder zur Spitzendeckung untergebracht.

Die billige Wasserenergie hat den spezifischen Energieverbrauch in Kanada auf hohe Zahlen gebracht. Im Jahre 1964 wurden 6940 kWh je Kopf verbraucht. Damit nahm Kanada die zweite Stelle in der Welt, nach Norwegen, ein. In den Kraftwerken Kanadas ist eine Leistung von rund 27 GW installiert worden, 75 % davon in Wasserkraftwerken. Man rechnet, dass während des nächsten Jahrzehnts jährlich neue Kraftwerke mit $\geqq$ 3 GW in Betrieb gesetzt werden müssen. Ein so grosser Leistungsanstieg kann von Wasserkraftwerken allein nicht erreicht werden, weshalb immer mehr Gewicht auf die thermischen Kraftwerke gelegt wird. Im künftigen Bauplanen ist deshalb dafür zu sorgen, dass die über grössere Entfernungen den Verbrauchern zugeleitete Wasserenergie nicht kostspieliger als die Energie der örtlichen thermischen Kraftwerke ist.

Vorläufig sind die Wasserkraftwerke noch imstande, die billigste elektrische Energie zu liefern, weshalb der Bau und die Planung der Wasserkraftanlagen fortgesetzt wird. Die grössten Pläne betreffen folgende Flusssysteme: im Osten den Hamilton-Fluss (Labrador), im mittleren Kanada den Nelson-Fluss, im Westen den Peace-Fluss und den Oberlauf des Columbia-Flusses. Die erwähnten Pläne sind mit der Fernübertragung der Energie eng verbunden, wobei erwogen wird, einen Teil der erzeugten Energie zeitweilig an die USA abzugeben.

2. Wasserkräfte in der Energieerzeugung

Die Abschätzung der vorhandenen Reserven an Wasserenergie stellt im allgemeinen eine schwierige Aufgabe dar, besonders weil die Abbauwürdigkeit der Wasserkräfte von verschiedenen technischen und energiewirtschaftlichen Umständen beeinflusst wird; sie verändert sich sowohl mit der Zeit als mit dem Ort. Da Kanada über reichliche Wasserkräfte verfügt, werden hier Wasserkraftwerke mit Leistungen von 50 bis 75 MW als kleine Werke betrachtet. Der Begriff «ausbauwürdig» wird hier deshalb enger als in Europa aufgefasst, und die kleineren Flüsse werden überhaupt nicht in Betracht gezogen. Auch die installierte Leistung der Kraftwerke ist mit der Wasserleistung der Flüsse nicht fest verbunden, da die Maschinenleistung von dem voraussehbaren Lastregime des Werks im Verbundbetrieb bedingt wird und öfters die mittlere Tagesleistung des Flusses um vielfaches übertreffen kann [13].

Die Wasserkraftvorräte der nördlichen Flüsse Kanadas sind vorläufig nur ungefähr abgeschätzt worden. Nach den Angaben der kanadischen Behörde der Naturschätze sind die vorhandenen Wasserkraftreserven und ihre Aufteilung auf die einzelnen Provinzen in Tabelle 1 angegeben [4].

Tabelle 1. Die Wasserkräfte Kanadas

	Unausgenutzte Wasserkräfte in GW [1] bei Q_{min}	bei Q_{50}	bei Q_m	Installierte Leistung in GW (1. 1. 1965)
British Columbia	6,0	17,4	32,4	2,6
Alberta	0,8	2,3	3,6	0,3
Saskatchewan	0,4	0,8	1,1	0,3
Manitoba	3,0	5,6	6,0	0,7
Ontario	0,5	1,1	1,7	5,9
Quebec	9,0	27,2	34,2	9,6
Newfoundland	1,2	3,6	4,9	0,5
Atlantic Provinces	~ 0,1	0,3	0,7	0,4
Yukon und NW-Territories	1,4	5,1	8,4	< 0,1
Insgesamt	22,4	63,4	93,0	20,3

[1]) Q_{min} minimale Wasserführung, Q_{50} sechsmonatliche Wasserführung, Q_m die durchschnittliche Wasserführung des Jahres (bei vollständiger Regelung des Jahresabflusses).

Da die kanadischen Wasserkraftwerke vorwiegend zur Lieferung der Grundlastenenergie bemessen worden sind, drückt man die Wasserenergiequellen gewöhnlich nur in Leistungsgrössen aus, ohne ihr jährliches Arbeitsvermögen anzugeben. In Zukunft werden sie aber mehr zur Deckung der Spitzenlast herangezogen werden, wodurch die Leistung der entsprechend bemessenen Werke die sechsmonatige Wasserleistung übertreffen wird. Die installierte Leistung der kanadischen Kraftwerke ist in Tabelle 2 dargestellt.

Die Entwicklung der Kraftwerkleistung im Laufe von fünfzig Jahren ist in Bild 4 veranschaulicht. Da der Energiebedarf nach dem Kriege stark zunahm, hat neben den Wasserkraftwerken seit 1950 auch die thermische Leistung rasch zugenommen. 75 Prozent der Kraftwerkleistung befinden sich jedoch fortwährend in Wasserkraftwerken, weshalb die meisten kanadischen Energiesysteme typische Wasserkraftsysteme sind.

Tabelle 2. Installierte Leistung der kanadischen Kraftwerke

Jahr		1956	1965
Wasserkraftwerke	GW	13,1 (85 %)	20,3 (75 %)
Wärmekraftwerke	GW	2,4 (15 %)	6,8 (25 %)
Insgesamt	GW	15,5 (100 %)	27,1 (100 %)

Tabelle 3. Aufteilung der Energieerzeugung auf Wasser- und Wärmekraftwerke

Jahr		Wasserenergie	thermische Energie
1930	TWh	18,7 (96 %)	0,8 (4 %)
1960	TWh	105,8 (93 %)	8,2 (7 %)
1964	TWh	110,0 (82 %)	24,0 (18 %)

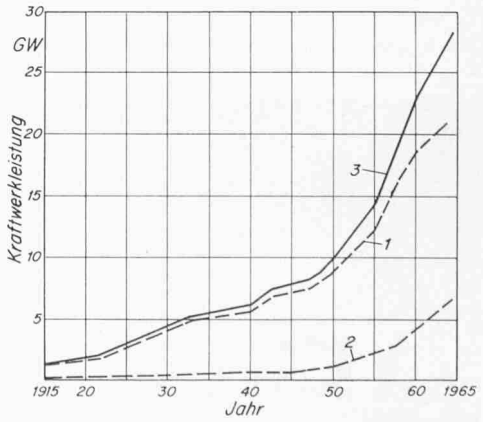


Bild 4. Anstieg der installierten Kraftwerkleistung in Kanada von 1915 bis 1965

1 Wasserkraftleistung
2 thermische Leistung
3 Gesamtleistung

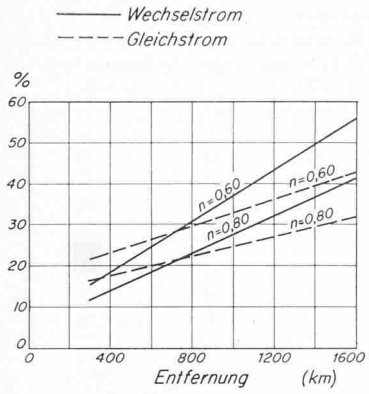


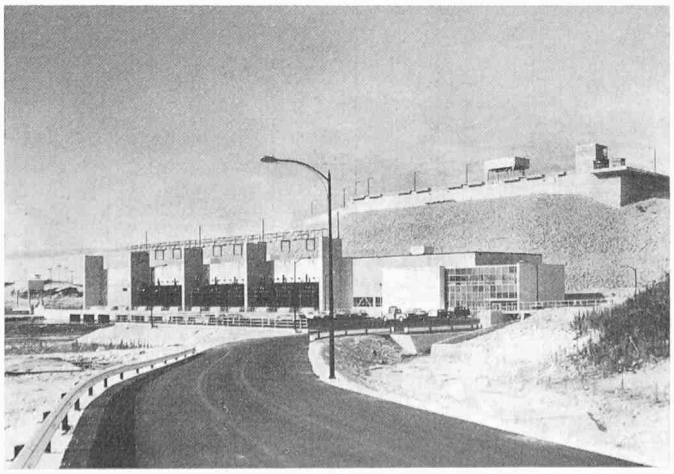
Bild 5. Energieübertragungskosten bezogen auf die Gestehungskosten der Wasserenergie.
n Ausnutzungsfaktor der Linien

Während der Zeitperiode 1940 bis 1964 hat sich die Energieerzeugung jährlich durchschnittlich um 5,2 % erhöht, wobei die Produktionszunahme der Wasserkraftwerke 4,5 %, diejenige der thermischen Kraftwerke aber 15,3 % betrug [3]. Die Rolle der Wasserenergie wird in den kommenden Jahren voraussichtlich weiter zurückgehen. Obgleich in Kanada noch reichliche unausgebaute Wasserkräfte vorhanden sind, kann doch ihr Ausbau mit dem raschen Anstieg des Energiebedarfs nicht Schritt halten. Da die günstig gelegenen Wasserenergiequellen meistens schon ausgebaut worden sind, muss man allmählich zur Erschliessung der mehr abseits liegenden Wasserkräfte antreten. Dies ist mit grösseren Aufwendungen und längeren Bauzeiten verknüpft. Aus diesem Grunde geht die kanadische Energieversorgung auf hydraulisch-thermische Energiesysteme über, weil die thermischen Kraftwerke mit geringeren Baumitteln und in kürzerer Zeit in Betrieb gesetzt werden können. Man rechnet damit, dass nach 1970 bis 1975 die Rolle der Kernenergie rasch zunehmen wird. Doch auch dann wird die Wasserkraft ihren Einfluss auf die Energieversorgung nicht verlieren. Die neuen Wasserkraftwerke müssen allerdings gemäss den zu erwartenden Betriebsbedingungen ausgelegt werden.

Noch vor kurzem konnten die im Norden liegenden Wasserkräfte infolge der Schwierigkeiten in der Energieübertragung nicht wirtschaftlich ausgebeutet werden. Die Zustände haben sich in der letzten Zeit wesentlich geändert. Energie kann jetzt auf grosse Entfernungen entweder mit Hochspannungs-Wechselstrom (500 bis 750 kV) oder mit Gleichstromlinien (bis 500 kV) übertragen werden. Einige 500-kV-Wechselstromlinien sind schon errichtet worden, doch reicht auch diese Spannung zur Übertragung sehr grosser Leistungen nicht mehr aus, weshalb man auf die nächste Stufe von 735 bis 750 kV übergeht. Die erste Fernlinie für 735 kV wird in Kanada zur Überleitung der Wasserenergie von der Manicouagan-Outardes-Kraftwerkgruppe bis Montreal errichtet; die Leistung der erwähnten Kraftwerkgruppe wird 5,5 GW, ihr Arbeitsvermögen 30 TWh/J betragen [14, 15]. Man schätzt, dass die Kosten der Energieübertragung mittels einer 735-kV-Linie auf 2000 km beim Lastfaktor von 0,60 rund 0,15 cents/kWh betragen werden. Falls Energie in grossen, günstig auszubauenden Wasserkraftwerken erzeugt wird, dann kann man in den Verbrauchszentren mit Energiekosten von ungefähr $\leqq$ 0,40 cents/kWh rechnen. Da aber auch die Gestehungskosten der thermischen Energie sich diesem Kostenstand nähern, ist es nötig, bei den Wasserkraftwerken alle Massnahmen der Kostenersparnisse anzuwenden. Die Kapitalausgaben je gelieferte Energieeinheit können herabgesetzt werden, wenn man die grössten Wasserkräfte von Anfang an für ihre volle Leistung ausbaut und sie sogleich nach ihrer Inbetriebnahme vollständig auslastet.

Bei der Energieübertragung aus dem hohen Norden kommen Hochspannungs-Gleichstrom-Fernleitungen in Frage. Sie sind bereits technisch so weit entwickelt worden, dass der Gleichstrom die Voraussetzungen zur günstigen Ausnutzung mehrerer abseits liegender Wasserenergiequellen schafft, Bild 5 [12]. Die Gleichstromübertragung wird es ermöglichen, jede grosse Wasserenergiequelle, unabhängig von ihrem Standort, zur Energieerzeugung heranzuziehen [16, 17, 18].

Bild 6. Das Kraftwerk Grand-Rapids auf dem Saskatchewan-Fluss. Leistung 3 × 110 MW (im Endausbau 440 MW). Photo «Manitoba-Hydro»



3. Aufteilung der Wasserkräfte

Die Versorgung mit elektrischer Energie liegt in Kanada vorwiegend in den Händen der Provinzen. Es sind jedoch grosse Kraftwerke auch von privaten Gesellschaften, meistens von der Aluminiumindustrie, errichtet worden, so dass die staatliche und die private Initiative Hand in Hand arbeiten.

Die industrielle Entwicklung an der westlichen Küste Kanadas beruht auf den gewaltigen Wasserkräften der gebirgigen Provinz *British Columbia*. Die Gegebenheiten für den Bau von Hochdruckwerken sind hier zahlreich. Die Leistungskonzentration kann durch Umleitung des Wassers von einem Einzugsgebiet zum anderen noch erhöht werden. Die Hauptläufe der wichtigsten Flüsse – Fraser, Peace, Columbia, Yukon u. a. – sind noch nicht ausgebaut worden. Die bisher erstellten Kraftwerke befinden sich vorwiegend in den südlichen Bezirken, wo die meisten Industrieanlagen gelegen sind. Mit der Entwicklung des Ferntransports der elektrischen Energie wird aber auch der Ausbau der nördlich liegenden Flüsse allmählich in Angriff genommen.

Das grösste Wasserkraftwerk der Provinz ist das Kemano-Werk der Aluminium Co. of Canada; es liegt an der Ozeanküste, 700 km nördlich von Vancouver. Das Werk nutzt das vom Nechako-Fluss zum Kemano umgeleitete Wasser mit 850 m Fallhöhe im Kavernen-Maschinenhaus und liefert Energie für das grosse Aluminiumwerk in Kitimat. Die Leistung des Werkes beträgt vorläufig 812 MW; sie soll im Endausbau 1490 MW betragen.

Die führende Rolle in der Wasserkraftausnutzung der Provinz nimmt die staatliche Behörde «B. C. Hydro and Power Authority» ein. Sie baut ein Grosskraftwerk auf dem Peace-Fluss, dessen Leistung 2300 MW betragen wird. Der Stausee wird die Oberfläche von 1700 km² und das Volumen von rund 80 Gm³ (1 Gm³ = 10^9 m³) haben. Zur Energieübertragung nach den südlichen Gebieten wird eine 500-kV-Fernleitung über das Gebirgsgelände errichtet.

Die Baupläne der Provinz British Columbia umfassen Kraftwerke von 2,9 GW, wovon 2,4 GW oder mehr als 80 % auf Wasserkraftwerke entfallen. Dies bedeutet, dass die Provinz auch in den kommenden Jahren fortwährend ein Land der Wasserkraft sein wird.

Tabelle 4. Die Ausbeute der Wasserenergie im Jahre 1964 in den einzelnen Gebieten Kanadas [19]

Gebiet	Anteil in %
British Columbia	13,7
Prärie-Provinzen	6,2
Ontario	26,6
Quebec	49,8
Atlantic Provinces	3,5
Territories (Yukon, Northwest)	0,2

In British Columbia befindet sich der Oberlauf des Columbia-Flusses, über dessen Ausbau ein Abkommen mit den USA abgeschlossen worden ist.

In den südlichen Ebenen der *Prärie-Provinzen* – Alberta, Saskatchewan und Manitoba – mangelt es an grösseren Wasserkräften. Im Norden sind jedoch auch hier beträchtliche Wasserenergiequellen vorhanden. Die wichtigsten Wasserkräfte befinden sich in der Provinz Manitoba, auf den Nelson- und Churchillflüssen. Man schätzt, dass das Kraftpotential dieser Flüsse wenigstens 6 GW beträgt. Der Nelson-Fluss entspringt dem Winnipeg-See und mündet nach einem 650 km langen Lauf in den Hudson-Golf. Der Fluss führt grosse Wassermengen und läuft über eine Kette der Stromschnellen mit einem gesamten Gefälle von 220 m. Da das Flussgebiet spärlich besiedelt ist und in der Provinz vorläufig keine Grossabnehmer der Energie vorhanden sind, sind die erwähnten Flusssysteme bisher nur wenig ausgebaut worden. Die Bauweise der auf diesen Flüssen gelegenen Wasserkraftwerke ist aus Bild 6 ersichtlich. Man plant ein 800- bis 900-MW-Kraftwerk auf dem Nelson-Fluss in den kommenden Jahren zu erstellen; zur Verwirklichung dieses Bauvorhabens wird beabsichtigt, die überschüssige Energie an die USA abzugeben.

Die wirtschaftlich meistenwickelten Provinzen Kanadas sind *Ontario* und *Quebec* im östlichen Teil des Landes. Hier lebt die Mehrzahl der Bevölkerung; auch die wichtigsten Städte und Industriezentren befinden sich hier. In diesen Provinzen werden ungefähr 80 % der gesamten Energieausbeute des Landes erzeugt.

Die industriell entwickelte Provinz *Ontario* verfügt über nur mässige Wasserkräfte, die meistens schon erschlossen worden sind. Da der Energiebedarf sich hier alle zehn Jahre verdoppelt, muss die weitere Bedarfszunahme vorwiegend mittels der thermischen Kraftwerke gedeckt werden. Demzufolge wird hier der Bau von grossen Kernkraftwerken geplant. Man plant in Ontario bis 1971 neue Kraftwerke mit einer Leistung von 5,2 GW zu erstellen; 90 bis 95 % davon sollen in thermischen Anlagen, einschliesslich der Kernkraftwerke, untergebracht werden.

Der grösste Energieerzeuger der Provinz ist die «Hydro-Electric Power Commission of Ontario (Ontario-Hydro)»; das Unternehmen betreibt sowohl Wasser- als auch Wärmekraftwerke. Die grössten Wasserkraftwerke liegen im Süden, an den Flüssen Niagara und St. Lawrence. In den Sir-Adam-Beck-Werken I und II am Niagara-Fall ist die Leistung von 1,8 GW installiert worden (einschliesslich des Pumpspeicherwerks). Das Robert-H.-Saunders-Kraftwerk auf dem St. Lawrence-Fluss ist ein Grenzkraftwerk, in welchem Kanada und die USA je 16 Maschinensätze mit einer Gesamtleistung von 2 × 912 GW besitzen, Bild 7.

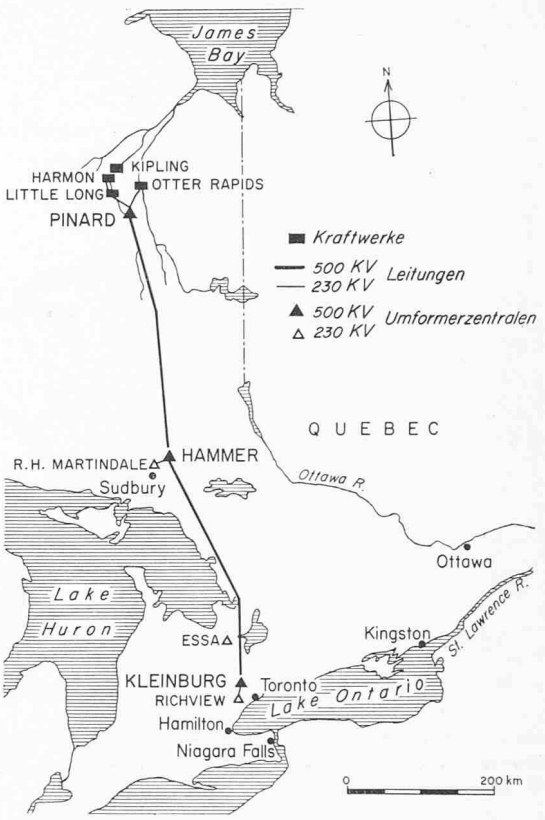


Bild 8. Die 500-kV-Hochspannungslinie von der Kraftwerkgruppe am James-Golf bis zum Toronto-Gebiet

Die letzten noch nicht ausgebauten Wasserkräfte der Provinz Ontario befinden sich im Norden, beim James-Golf. Dort wird eine Kraftwerkgruppe auf den Mattagami- und Abititi-Flüssen

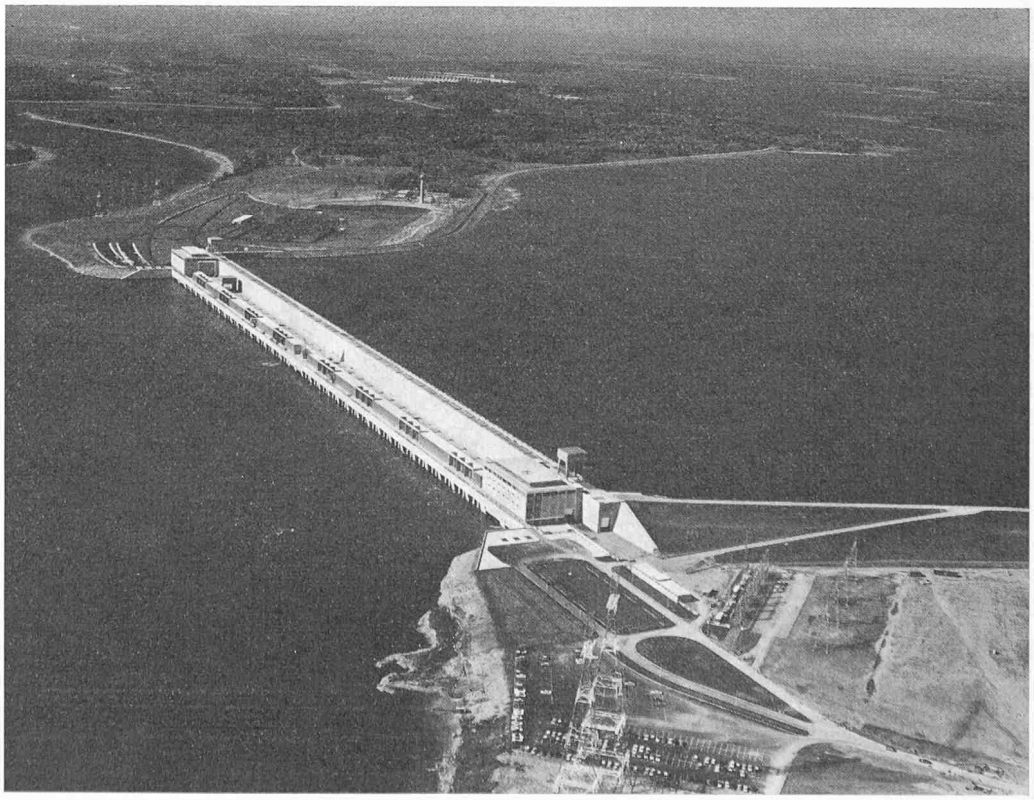


Bild 7. Das Robert-H.-Saunders Kraftwerk auf dem St. Lawrence-Fluss (im Vordergrund der kanadische Teil des Kraftwerkes)
Photo «Ontario-Hydro»

Bild 9. Die Wasserkraftvorräte der Provinz Quebec. Die mögliche Jahresarbeit der unausgebauten Wasserkräfte wird auf 80 bis 90 TWh gewertet

errichtet; zwei Werke von 300 MW sind schon errichtet worden, zwei weitere von 260 MW befinden sich im Bau. Die Energieausbeute dieser Kraftwerkgruppe muss auf eine Entfernung von 700 km bis zur Stadt Toronto übertragen werden. Dafür wird eine 500-kV-Fernleitung, Bild 8 [20] gebaut. Da die Linie über ein unbesiedeltes Gelände führt, mussten bei ihrer Errichtung schwierige technische Probleme gelöst werden. Man beabsichtigt nach dem Vollausbau der erwähnten Kraftwerkgruppe eine andere, parallel laufende 500-kV-Linie zu errichten. Trotz der grossen Entfernung wird die Wasserenergie dieser Kraftwerkgruppe im Süden der Provinz mit der thermischen Energie erfolgreich konkurrieren. In der Umgebung von Toronto werden grosse Brennstoff- und Kernkraftwerke gebaut und geplant, welche Wasserenergie ergänzen müssen. Ein Atomkraftwerk von 200 MW ist schon in Betrieb genommen worden, ein anderes für 2 × 500 MW soll bis 1971 fertiggestellt werden. Diese Entwicklung muss bei der Errichtung von Wasserkraftwerken berücksichtigt werden, weil die regelbaren Wasserkraftwerke immer mehr zur Deckung der veränderlichen Tageslast und der Lastspitzen bemessen werden müssen.

Tabelle 5. Geschätzte, zukünftige Entwicklung der Quebec-Hydro

Jahr	Inst. Leistung, GW	Jahresarbeit, TWh
1965	7,35	35
1970	15	77
1985	32	160
2000	75	385

Die Provinz Quebec verfügt über die ergiebigsten Wasserkräfte Kanadas; hier befinden sich 40 % der Wasserkraftreserven des ganzen Landes. In den Wasserkraftwerken von Quebec sind 9,8 GW oder 47 % der kanadischen Wasserkraftleistung installiert worden. Auch hier sind die südlichen Wasserkräfte, die sich vorwiegend auf den Nebenflüssen des St. Lawrence-Stromes befinden, schon erschlossen worden, wogegen im Norden, am Hudson-Golf, noch erhebliche unausgenutzte Wasserkräfte vorhanden sind, Bild 9 [12]. Das Arbeitsvermögen dieser nicht ausgebauten Flusssysteme der nördlichen Gebiete wird auf 85 TWh/Jahr geschätzt; sie enthalten also riesige Energievorräte. Die Tätigkeit im Wasserbau verschiebt sich deshalb allmählich nach Norden. Der wichtigste Energieerzeuger der Provinz ist die «Quebec Hydro-Electric Commission (Quebec-Hydro)»; welche den Wasserkraftausbau in grossen Ausmassen durchführt. Die grössten Wasserkraftwerke der Quebec-Hydro sind das Beauharnois-Werk auf dem St. Lawrence-Fluss (1,6 GW), Bild 10, und die Bersimis-Kraftwerkgruppe (1,6 GW), 600 km nordöstlich von Montreal, Bilder 11 und 12. Zurzeit wird eine grosse Kraftwerkgruppe auf den Flüssen Manicouagan und Outardes erstellt. Sie wird aus sechs Wasserkraftwerken mit einer Gesamtleistung von 5,6 GW bestehen, Bild 13; die Einzelleistungen der Maschinensätze werden hier 127 bis 168 MW betragen. Die Kraftwerkgruppe wird jährlich rund 30 TWh erzeugen. Zur Energieüber-

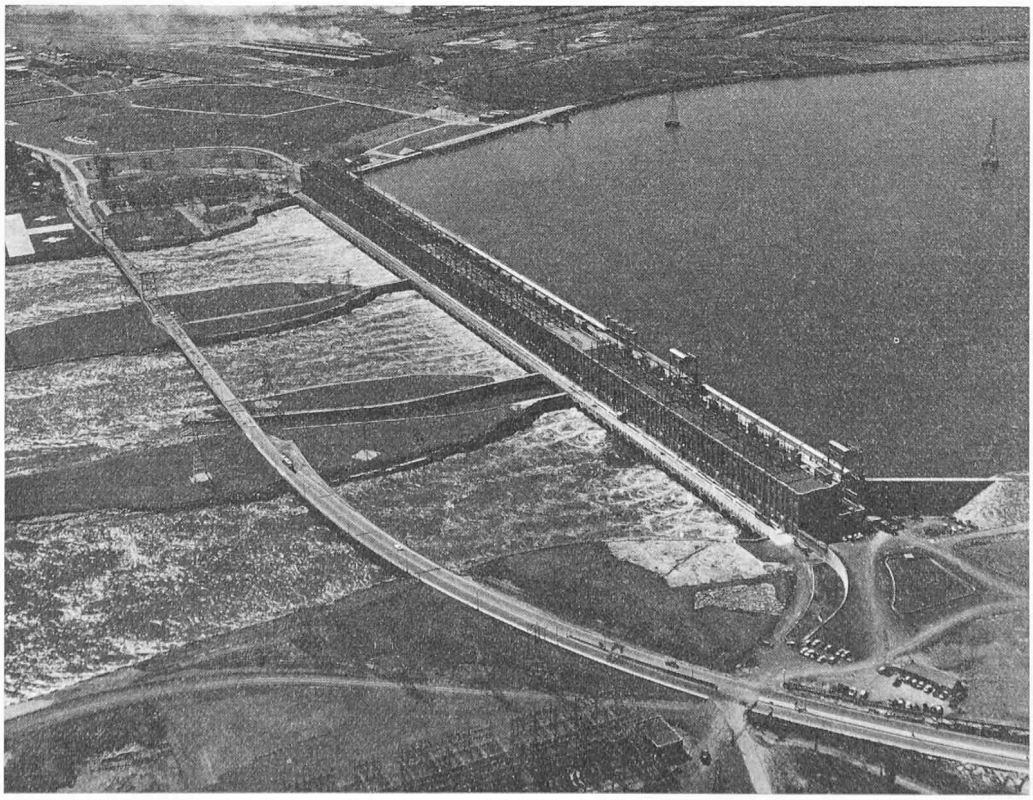


Bild 10. Das Kraftwerk Beauharnois auf dem St. Lawrence-Fluss. Leistung 1,6 GW, Nutzgefälle 25 m
Photo «Quebec-Hydro»

tragung nach Montreal werden 735-kV-Hochspannungslinien errichtet; sie werden die ersten Fernleitungen der Welt mit einer so hohen Betriebsspannung sein [14].

Die voraussehbare Leistungsstruktur nach den Rohenergiequellen ist dem Bild 14 zu entnehmen. Man plant bis 1985 alle ausbauwürdigen Wasserkräfte zu erschliessen, wonach die weitere Bedarfszunahme vorwiegend von den Kernkraftwerken gedeckt werden wird. Zurzeit befinden sich neue Kraftwerke mit einer Gesamtleistung von 6,4 GW im Bau oder in der Planung. Es werden Untersuchungen bezüglich der künftigen Bauvorhaben auf den nördlichen Flüssen durchgeführt. Energie kann ausserdem von der Provinz Newfoundland bezogen werden. Hier können die Stromschnellen des Hamilton-Flusses (Churchill-Falls), in Labrador, 1200 km nordöstlich von Montreal, günstig ausgebaut werden; die Leistung des Werks könnte 4,5 bis 6 GW betragen. Ein Abkommen über den Bezug von Wasserenergie aus dieser Energiequelle zum Preise von 0,25 bis 0,30 cents/kWh ist unlängst abgeschlossen worden. Die Energieausfuhr in die USA kann die Verwirklichung dieses bemerkenswerten Kraftwerkplans beschleunigen.

Es befinden sich in der Provinz Quebec auch grosse Wasserkraftwerke der industriellen Unternehmen, vorwiegend der Aluminiumindustrie. So hat die Aluminium Co. of Canada unlängst ein Kraftwerk auf dem Peribonka-Fluss, bei Chute-des-Passes, errichtet, welches in einem unterirdischen Maschinenhaus eine installierte Leistung von 750 MW hat. In diesem Flussgebiet ist von der Aluminiumindustrie schon früher eine Gruppe von Wasserkraftwerken mit einer Gesamtleistung von fast 2 GW erstellt worden, so dass an der Ostküste Kanadas grosse Mengen billiger Wasserenergie für die Aluminiumproduktion verfügbar sind.

Die wichtigsten Wasserkräfte der Provinz *Newfoundland* befinden sich in Labrador, an der Ostspitze des kanadischen Festlands. Zurzeit befindet sich hier ein Kraftwerk für 460 MW auf dem Salmon-Fluss, bei Beau-d'Espoir, im Bau. Der Bau eines Grosskraftwerks, mit einer Leistung von 5,0 GW, ist, wie schon erwähnt, auf dem Hamilton-Fluss kürzlich in Angriff genommen worden.

In den Provinzen der *Atlantikküste* sind gute Voraussetzungen zur Errichtung von Gezeitenkraftwerken vorhanden, siehe Bild 2 [21], weil die Spiegelschwankungen der See hier 15 m betragen und die Küstenlinie zum Bau von Staudämmen geeignet ist. Das Gezeitenpotential im Fundy-Golf, an der USA-Grenze, wird auf 7 GW geschätzt. Obgleich die Erforschung der Bauverhältnisse hier schon mehrere Jahrzehnte gedauert hat, haben doch die benötigten hohen Baumittel und der Mangel an grossen Energieabnehmern in der Umgebung es bisher verhindert, diese Baupläne in die Tat umzusetzen. Die Umstände können sich aber in Zukunft verändern und die Ausbeutung dieser reichlichen Energiequelle begünstigen; dazu ist aber eine Zusammenarbeit zwischen Kanada und den USA nötig.

Das im hohen Norden liegende Territorium *Yukon* und die *Nordwest-Gebiete* verfügen über grosse Wasserkraftreserven. So können im Einzugsgebiet des Yukon-Flusses Wasserkraftwerke mit einer Leistung von schätzungsweise $\geqq$ 4 GW errichtet werden. Das Wasserkraftpotential des wasserreichen Mackenzie-Flusses ist vorläufig noch nicht genügend erforscht worden. Infolge der Abgelegenheit dieser Territorien von den grösseren Wohngebieten werden die Wasserkräfte dieser ausgedehnten Flusssysteme zurzeit gar nicht verwertet. Sie können aber später die Wirtschaft der nördlichen Gebiete, besonders die Bergbauindustrie, fördern. Es wird aber voraussichtlich noch eine gewisse Zeit vergehen, bis diese Wasserenergiequellen elektrische Energie liefern werden.

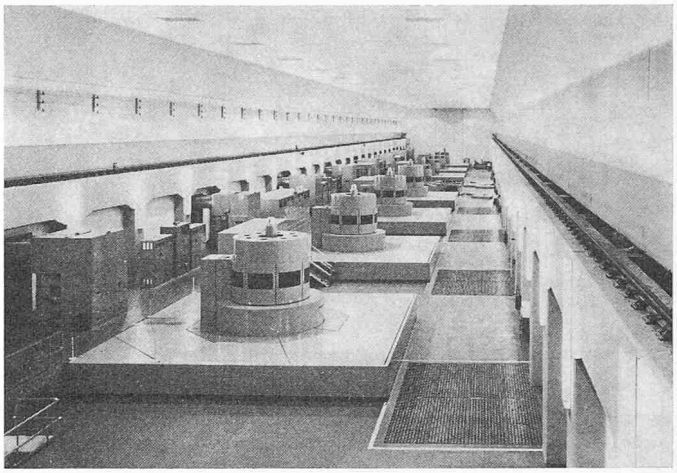


Bild 12. Die Maschinenanlage des Kraftwerks Bersimis I. Leistung 8 × 114 MW, Nutzgefälle 240 m. Photo «Quebec-Hydro»

4. Ausfuhr der Wasserenergie

Die Ausnutzung der Wasserenergie bringt den Bau von Hochspannungsnetzen mit sich. So wird auch in Kanada die Errichtung eines Hochspannungsgitters erwogen, welches sich vom Atlantischen bis zum Stillen Ozean erstrecken würde. Das Fernnetz würde mehrere Zeitzonen überqueren und dadurch die Tageslastkurven des Verbundsystems gewissermassen ausgleichen; es könnte ausserdem die Schwankungen der Wasserleistung mildern und die benötigte Reserveleistung herabsetzen. Dies würde es ermöglichen, Kraftwerkleistung zu ersparen und die von den Verbrauchszentren weit entfernt liegenden Wasserkräfte – in British Columbia, Yukon, Labrador u. a. – zur Energieerzeugung heranzuziehen.

Die besten wirtschaftlichen Erfolge können in Kanada die Hochspannungslinien ergeben, welche vom Norden nach Süden laufen und sich den USA-Netzen anschliessen. Diese Querverbindungen weisen mehrere Vorteile auf [22]:

a) Sie können Überschüsse an Wasserenergie den Verbrauchszentren der USA abgeben und damit den Ausbau der kanadischen Wasserkräfte fördern;

Bild 11. Das Kraftwerk Bersimis II. Leistung 5 × 131 MW, Nutzgefälle 120 m. Photo «Quebec-Hydro»

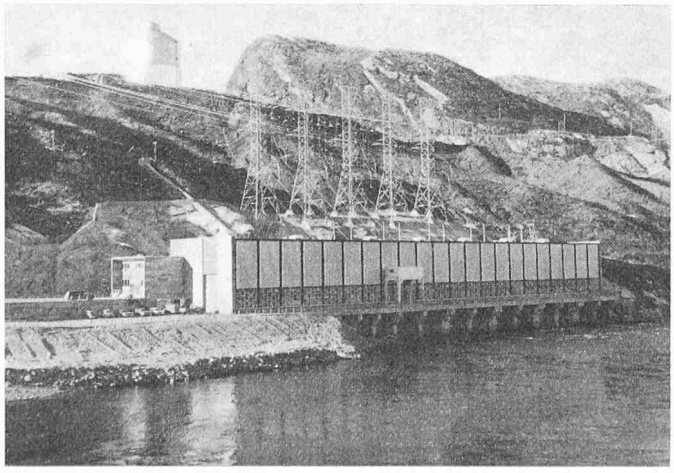
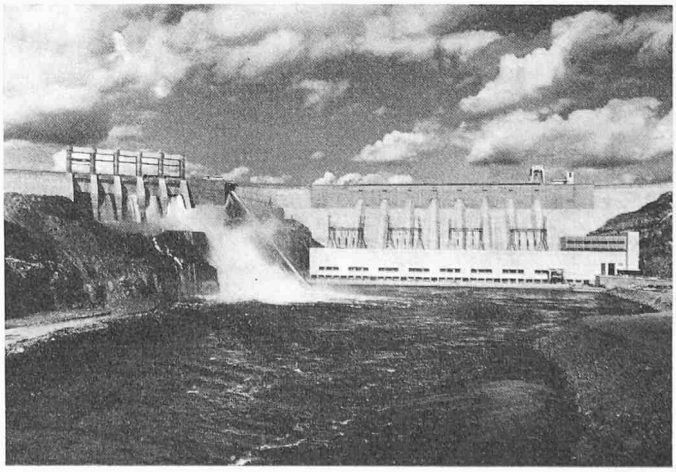


Bild 13. Das Kraftwerk Manicouagan 2. Leistung 8 ×127 MW, Nutzgefälle 72 m, Jahresarbeit 5,7 TWh. Photo «Quebec-Hydro»



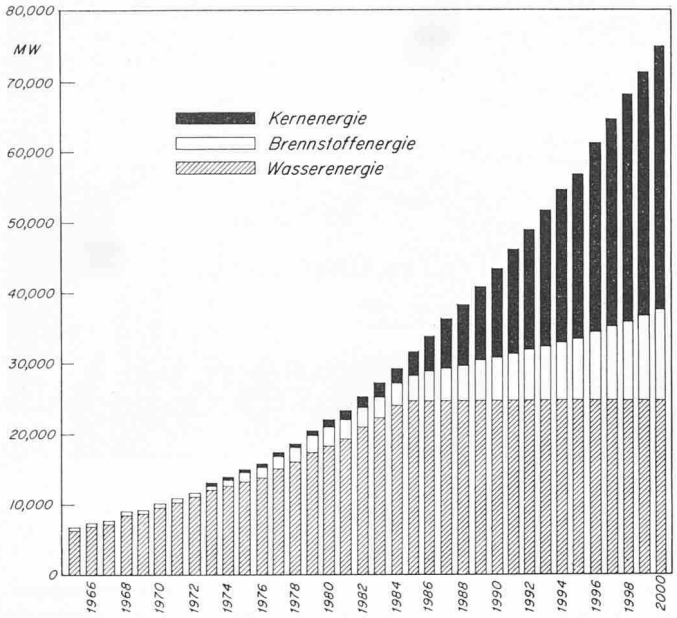


Bild 14. Voraussichtliche Entwicklung der Struktur der Primärenergiequellen der Kraftwerke in der Provinz Quebec

b) Sie ermöglichen den Ausgleich der Lastkurven, weil die saisonellen Lastveränderungen in beiden Ländern zeitlich nicht zusammenfallen; so tritt zum Beispiel in einigen Gebieten der USA die Jahreshöchstlast während des Sommers auf;

c) Die USA planen Hochspannungslinien zu errichten, welche die beiden Ozeanküsten verbinden sollen, d. h. parallel der kanadischen Grenze laufen werden [5]. Dadurch wird die Möglichkeit geschaffen, Energie auch für die kanadischen Abnehmer über das USA-Netz zu übertragen, ohne teure Fernleitungen durch die spärlich besiedelten Gegenden Kanadas errichten zu müssen. Diese Lösung setzt allerdings ein langfristiges Abkommen mit den USA voraus und kann vom Standpunkt der nationalen Selbständigkeit Einwände hervorrufen.

Die erwähnten Netzverbindungen werden durch die Pläne des Wasserenergieexports gefördert. Dabei treten drei Projekte in den Vordergrund [4, 5, 23]:

1. Die Energieabgabe von Labrador an die nordöstlichen Gebiete der USA;
2. Die Energielieferung an die mittleren Industriebezirke der USA aus den Wasserkraftwerken Manitobas;
3. Der Ausbau des Columbia-Flusses und des Peace-Flusses, mit der Abgabe der Energieüberschüsse an die westlichen Gebiete der USA.

Die Energieausfuhr aus den Wasserkraftwerken der nordöstlichen Gebiete Kanadas wird durch mehrere Umstände begünstigt: a) die reichlichen, noch nicht erschlossenen kanadischen Wasserkräfte; b) den hohen Energiebedarf an der Ostküste der USA; c) den Mangel an örtlichen Energiequellen anderer Art; d) die technische Entwicklung der Fernübertragung der elektrischen Energie.

Besonderes Interesse haben letzthin die Pläne der Ausbeutung des Hamilton-Flusses im nördlichen Labrador auf sich gelenkt. An den Stromschnellen dieses Flusses befindet sich eine günstige Baustelle, wo die Erstellung eines 5,0-GW-Kraftwerks und einer Energiefernleitung geplant wird; die Baukosten werden auf 1 Milliarde Dollar veranschlagt. Die installierte Leistung des Werks könnte später sogar auf 12 GW erhöht werden. Dieses Kraftwerk wird eines der grössten Bauvorhaben der Welt in der Ausnutzung der Wasserenergie sein. Eine Reihe von Staumauern kann hier einen grossen Wasserspeicher bilden, Bild 15 [9], so dass das Kraftwerk imstande sein wird, das ganze Jahr billige Grundlastenergie abzugeben. Für die erste Baustufe sind zehn Aggregate von je 475 MW vorgesehen worden, die in einem unterirdischen Maschinenhaus untergebracht werden sollen; das Nutzgefälle wird rund 350 m betragen. Ein schwieriges Problem stellt die Übertragung der Energie über eine Entfernung von 1800 km bis zu den Verbrauchszentren dar. Um mit den thermischen Kraftwerken wetteifern zu können, müssen die Kosten der Wasserenergie im Verbrauchsgebiet 0,4 cents/kWh nicht übersteigen. Der grossen Leistung und Entfernung wegen sollte die Fernübertragung der Wasserenergie mittels Gleichstrom (± 450 bis 600 kV) vorgenommen werden [24].

Einige Energieversorgungsunternehmen der USA in New York und New England haben Interesse für das erwähnte Projekt geäussert; sie könnten 1,5 bis 2 GW der Grundleistung abnehmen. Der Energiebedarf der Stadt New York wird zurzeit aus Wasser- und thermischen Kraftwerken gedeckt. Da die nahen Wasserkräfte schon ausgebaut worden sind und in der Umgebung keine grösseren Brennstoffvorkommen vorhanden sind, wird hier die Errichtung von Kernkraftwerken erwogen. Trotz der erheblichen Ausgaben für die Fernübertragung, könnte die kanadische Wasserenergie doch vorläufig noch die Kosten der Kernenergie unterbieten und die Bedarfszunahme des New-York-Gebiets auf drei bis fünf Jahre decken. Zur Aufnahme der Lastspitzen wird bei New York auf dem Hudson-Fluss der Bau eines 1,3- bis 2,0-GW-Pumpspeicherwerks erwogen; das Hochpumpen des Wassers könnte in den Nachtstunden entweder mit der kanadischen Wasserenergie oder mit Kernenergie erfolgen. Da die Mengen der verfügbaren Wasserenergie naturbedingt begrenzt sind, wird es allerdings nötig sein, in späteren Jahren den Bau von Kernkraftwerken zu beginnen.

Die wichtigsten Wasserenergiequellen in den mittleren Provinzen Kanadas befinden sich in der Provinz Manitoba, im Nelson-Flussgebiet. Da es in der Umgebung an grossen Energieabnehmern fehlt, sind diese Wasserkräfte nicht ausgebaut worden. Obgleich die Elektrizitätsbehörde Manitobas (Manitoba-Hydro) grossen Wert auf die Ausbeutung der örtlichen Energiequellen legt, verfügt sie nicht über das benötigte Kapital; ausserdem könnten die örtlichen Netze die grossen Mengen an Wasserenergie sogleich nicht aufnehmen. Eine Lösung kann dadurch erzielt werden, dass man die überschüssige Energie über die USA-Grenze abgibt. Dies würde es ermöglichen, den Bau einer Kraftwerkgruppe für 4 bis 5 GW in Angriff zu nehmen. Darüber werden Verhandlungen mit den Unternehmen der USA (Mid-Continent Area

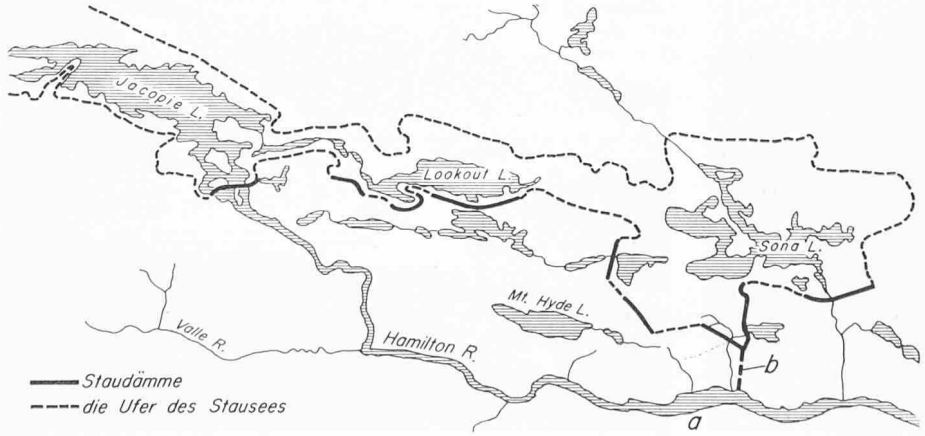


Bild 15. Die Baustelle des geplanten Grosskraftwerkes auf dem Hamilton-Fluss in Labrador. Die geplante Leistung beträgt 4,5 bis 4,7 GW, das Nutzgefälle 320 m.

a Stromschnelle, b Standort des unterirdischen Maschinenhauses

Power Planners) geführt. Die Wasserenergie kann mittels der 500-kV-Fernleitungen nach Süden transportiert werden; man schätzt, dass die Kosten der Grundlastenergie bei der Stadt Minneapolis 0,40 bis 0,45 cents/kWh betragen werden. Die billige Wasserenergie wird auch die industrielle Entwicklung Manitobas fördern. Der Bau eines Wasserkraftwerks mit einer installierten Leistung von 12 × 270 MW und einer ± 450-kV-Gleichstromleitung wird von der Manitoba-Hydro geplant.

Die westlichen Gebirgsgebiete Kanadas – British Columbia, Yukon – verfügen über reichliche Wasserenergiequellen, die bisher noch brach liegen. Günstige Ausbaustellen befinden sich auf den Peace- und Fraser-Flüssen, wie auch auf dem Oberlauf des Columbia-Flusses. Da der Columbia-Fluss die USA-Grenze überquert, muss der Ausbau dieser Flussstrecke in Zusammenarbeit mit den USA erfolgen. Nach langen Verhandlungen ist hierüber ein Abkommen getroffen worden, wodurch eine zweckmässige Ausnutzung des wasserreichen Flusssystems gesichert wird. An der Westküste hat das Zuammenwirken der beiden Staaten in der Flussausnutzung also das Stadium der praktischen Verwirklichung erreicht.

Der Columbia-Fluss entspringt dem kanadischen Rocky-Gebirge, überquert die USA-Grenze und mündet nach 2000 km in den Stillen Ozean. Auf dem mittleren und unteren Flusslauf, innerhalb der USA, ist eine Kraftwerkgruppe mit einer Gesamtleistung von mehr als 12 GW erstellt worden. Hier befinden sich mehrere Grosskraftwerke mit Leistungen von $\geqq$ 1,0 GW [6]; das bekannteste darunter ist das Grand-Coulee-Kraftwerk, mit einer installierten Leistung von rund 2 GW. Auf dem Hauptfluss sind noch einige ausbauwürdige Stufen vorhanden, doch sind die meisten zukünftigen Baustellen auf den Nebenflüssen (Snake u. a.) gelegen. Es wird beabsichtigt, die Leistung einiger bestehender Werke zu erhöhen, um ihre Beteiligung in der Spitzendeckung vergrössern zu können. Die Staudämme auf dem Columbia-Fluss dienen auch zur Feldbewässerung und zum Hochwasserschutz.

Die Umstände der Wasserausnutzung können durch die Errichtung von zusätzlichen Stauseen am oberen Flusslauf, im kanadischen Gebirgsland, erheblich verbessert werden, weil diese Wasserspeicher die Leistungsregelung der ganzen abwärts liegenden Kraftwerkkette verbessern werden. Die Speicher können die Hochwasserspitzen herabsetzen und die Jahreskurve der Wasserleistung ausgleichen, so dass die Wasserkraftwerke auch während der trockenen Jahressaison eine genügende Leistung, wenigstens zur Spitzendeckung, abgeben können. Das Zurückhalten des Hochwassers wird auch Flutverwüstungen abwenden. Aus diesen Gründen wird eine enge Zusammenarbeit der USA und Kanadas bei der Errichtung und dem Betrieb von Staustufen auf der oberen Flussstrecke vorgesehen werden.

Kanada wird am Oberlauf des Columbia-Flusses drei Staudämme – Duncan, Arrow und Mica – errichten, wodurch Stausee mit einem Nutzvolumen von 20 Gm^3 entstehen werden. Der Wasservorrat wird gemäss dem Bedarf der Kraftwerkkette verarbeitet werden, so dass es möglich sein wird, die gesicherte Leistung der abwärts liegenden Kraftwerke um 2,8 GW und ihre Jahresarbeit um 8 TWh zu erhöhen. Diese zusätzlich erzielbare Energie wird vorerst ausschliesslich von den USA verbraucht werden, wobei für den kanadischen Anteil an Energie 0,375 cents/kWh an Kanada bezahlt werden wird. Ausserdem sind die USA verpflichtet, eine Bausumme von 314 Mio Dollar an Kanada zur Errichtung von Dämmen zu erteilen. Das Abkommen gestattet den USA, den Libby-Staudamm auf dem Nebenfluss Kootenai zu errichten, dessen Stausee sich innerhalb des kanadischen Territoriums auf 70 km erstrecken wird. Der Damm wird zur Abwendung der Hochwasserschäden beitragen; man plant, im angeschlossenen Kraftwerk eine Leistung von 0,5 GW unterzubringen.

Die installierbare Kraftwerkleistung an den kanadischen Staudämmen wird rund 1,4 GW betragen. Die grösste Leistungszunahme wird aber in den Kraftwerken der USA durch den Einbau zusätzlicher Maschinensätze erzielt werden. Pläne zur Erweiterung einiger Kraftwerke liegen schon vor; so plant man zum Beispiel die Leistung des Grand-Coulee-Kraftwerks auf mehr als das Vierfache zu bringen.

Weiter nördlich, inmitten des Rocky-Gebirges, wird der Peace-Fluss ausgebaut. Die erste Ausbaustufe muss mit einer Leistung von 3 × 230 MW im Jahre 1968 in Betrieb genommen werden. Die Endleistung des Kraftwerks wird 2,3 GW, die Jahresarbeit 16 TWh betragen. Da im Flusstal ein grosses Staubecken mit einem Inhalt von 77 Gm^3 entstehen wird, wird das Kraftwerk imstande sein, die Grundlastenergie dem Vancouver-Gebiet und den USA-Energiesystemen das ganze Jahr über abzugeben. Energie wird mittels einer 900 km langen Hochspannungslinie nach Süden bis zur USA-Grenze übertragen. Es kann wirtschaftlich gerechtfertigt werden, in der Kraftwerkgruppe des Peace-Flusses auch eine gewisse Spitzenleistung für die Energiesysteme der westlichen Küste unterzubringen. Die reichlichen Wasserkräfte der westlichen Gebirgsgebiete müssen vom Standpunkt der elektrischen Verbundwirtschaft ausgebaut und betrieben werden. Dieser Weg wird bei der Ausbeutung von Wasserenergiequellen in allen Ländern gegangen; in Kanada sind hierfür noch erhebliche Entwicklungsmöglichkeiten vorhanden.

Adresse des Verfassers: Dipl.-Ing. *A. Kroms*, 30 Rockland Avenue, Malden, Mass. 02148, USA.

Literaturverzeichnis

[1] *Kroms, A.:* Die Wasserkraftausnutzung in Finnland. «SBZ» *84* (1966), H. 7, S. 134—139.

[2] *Briggs, H. L.:* Developments in the Exploitation and Use of Energy in Canada — a National Survey. Sixth World Power Conference, Melbourne 1962. Paper 85. I. 2/11.

[3] *Charbonnier, R. P., Baltzer, C. E.* und *Simpson, R. A.:* The Comparative Position of the Main Fuels in Canada. World Power Conference, Tokyo 1966. Paper 106 II. B.

[4] Electric Power in Canada, 1964. Ottawa, Department of Northern Affairs and National Resources.

[5] National Power Survey. Washington 1964, Federal Power Commission.

[6] *Kroms, A.:* Wasserkraft in der Energieversorgung der USA. «ÖZE» *19* (1966), H. 2, S. 85—98.

[7] *Kroms, A.:* Entwicklung der Elektrizitätsversorgung in den USA. «Bulletin SEV» *56* (1965), H. 11 und 12, S. 101—103 und 109—116.

[8] *Kroms, A.:* Der Mehrzweck-Flussausbau. «Technische Rundschau» *58* (1966), H. 25, S. 1—7.

[9] *Olmsted, L.:* Canadian Utilities Plan Big Plants, Transcontinental Grid. «Electrical World» 160 (1960), 12. Sept., S. 54—59.

[10] Nuclear Canada. «Nucleonics» *18* (1960), H. 10, S. 51—80.

[11] *Mackenthun, W.:* Bericht über die Ergebnisse des II. Foratom-Kongresses 1965. «Atom und Strom» *11* (1965), H. 11/12, S. 148—160.

[12] *Bourbeau, J., Fournier, R.* und *Zins, R.:* Problèmes économiques concernant l'utilisation rationnelle au Québec des sources d'énergie hydro-électrique, thermique et nucléaire. World Power Conference, Tokyo 1966. Paper 129—II. A (2).

[13] *Kroms, A.:* Wasserkraftwerke in Energiesystemen verschiedener Leistungsstruktur. «ÖZE» *18* (1965), H. 10, S. 385—396.

[14] *Krautt, W.:* Manicouagan-Montreal. Die erste 735-kV-Drehstromübertragung der Welt. «ÖZE» *19* (1966), H. 2, S. 98—108.

[15] *Böcker, H.:* Wechselstrom-Höchstspannungsübertragungen 500 bis 750 kV. «ETZ-B» *16* (1964), H. 7, S. 170—173.

[16] DC Transmission around the World. «Electrical World» *158* (1962), H. 7, S. 39—54.

[17] Comparison of Direct and Alternating Current for High Voltage Electric Power Transmission. Edison Electric Institute, Research Division. Publication Nr. 62—901.

[18] *Kroms, A.:* Plan einer Gleichstrom-Fernübertragung in Kanada. «ETZ-B» *16* (1964), H. 7, S. 168—169.

[19] *de Fayer, T. L., Stabback, J. G.* und *Debanné, J. G.:* Some Aspects of Energy Forecasting in Canada. World Power Conference, Tokyo 1966. Paper 105—I. A.

[20] Canada's First 500 kV Line Nears Completion. «Power Engineering» *70* (1966), H. 3, S. 45—47.

[21] *Kroms, A.:* Das Projekt des Passamaquoddy-Gezeitenkraftwerks. «SBZ» *82* (1964), H. 19, S. 336—341.

[22] *Teckman, H.:* Canadian Trends in the Development of Electric Systems and Inter-System Interconnections and Co-operation. Sixth World Power Conference, Melbourne 1962. Paper 50 III. 0/5.

[23] US, Canada Breaking Power Barriers. «Electrical World» *161* (1964), H. 7, S. 23—25.

[24] Canada Power Pegged at Less Than 4 Mills. «Electrical World» *166* (1966), H. 1, S. 34—35.