

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 30 (1939)
Heft: 26

Artikel: Probleme aus der Hydroelektrizitätswirtschaft
Autor: Etienne, E.H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060901>

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: 14.01.2026

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

Probleme aus der Hydroelektrizitätswirtschaft.

Von E. H. Etienne, Bern.

621.311.21.003

Ausgehend von der Entwicklung kanadischer Elektrizitätsunternehmungen, gibt der Verfasser ein Bild elektrizitätswirtschaftlicher Probleme, die für die auf der «weissen Kohle» aufgebaute Elektrizitätserzeugung und Verteilung ganz allgemein gelten.

Der Artikel enthält auch den Text des Kurzvortrages, der infolge von Zeitmangel bei der Jahresversammlung des SEV in Freiburg nicht gehalten wurde. Wenn auch seit den kriegerischen Verwicklungen die Schlussfolgerungen zum Teil überholt sind, so ist zu erwarten, dass sie nach dem Uebergang von der Kriegs- zur Friedenswirtschaft besondere Geltung erlangen.

Wir veröffentlichen diesen Artikel, ohne dazu irgendwie Stellung zu beziehen; er enthält eine Fülle interessanten Materials und Diskussionsstoffes. (— Red.)

A. Zur Frage der Anpassung der Energieproduktion an den Bedarf.

I.

Die Anpassung der Produktion an den Bedarf ist ein Problem, das jede Industrie angeht. Im Falle der Erzeugung elektrischer Energie ist dieses Problem heikler, weil die elektrische Energie im allgemeinen nicht aufgespeichert werden kann und die Erzeugung fortlaufend mit dem jeweiligen Verbrauch zeitlich zusammenfällt. Der Energieversorger muss also in jedem Augenblick die kontraktlichen Energiemengen und Leistungen zur Verfügung halten, während die Konsumenten sich die Möglichkeit vorbehalten, nur den tatsächlichen Bedarf zu entnehmen.

In Ländern der «weissen Kohle» stösst die Anpassung von Produktionsmöglichkeit und Bedarf auf besondere Schwierigkeiten. Diese röhren hauptsächlich her von der Ungewissheit, die infolge der häufig eintretenden Schwankungen der Zuflüsse herrscht, welche je nach den Verhältnissen einen starken Ausfall an Leistung und Energiemengen nach sich ziehen können. Ferner nehmen Projektierung und Bau der Wasserkraftwerke mehrere Jahre in Anspruch und zwar sowohl die Vorarbeiten und die Projektierung, als auch der Bau selbst. Dies hat zur Folge, dass die Projekte neuer Kraftwerke auf empirischen Annahmen hinsichtlich des zukünftigen Bedarfs beruhen müssen.

Die Schwierigkeiten, auf die wir hinweisen möchten, sind durch die Ereignisse, die sich vor kurzem in der kanadischen Provinz Ontario abspielten, im folgenden veranschaulicht.

II.

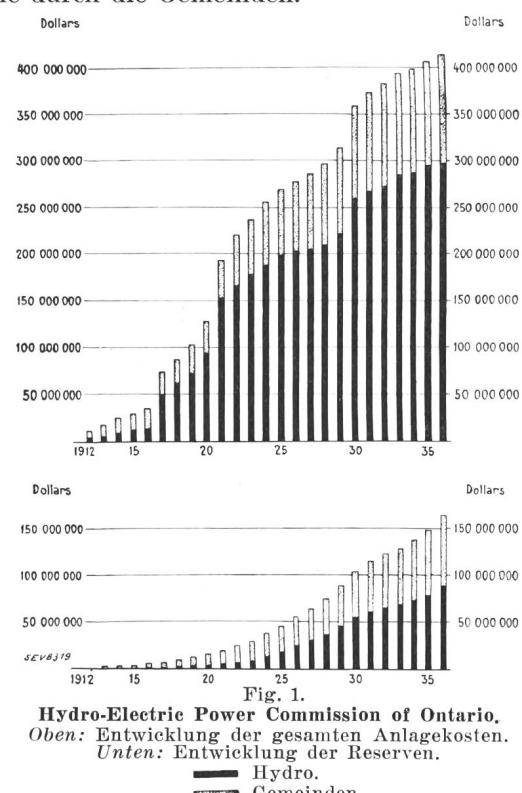
Die Provinz Ontario ist ungefähr so gross wie Deutschland (Altreich) und Frankreich zusammen und zählt rund 3,5 Millionen Einwohner¹⁾. Abgesehen von der Bundeshauptstadt Ottawa und einigen Bezirken im nordischen Bergwerksgebiet wird praktisch die ganze Bevölkerung der Provinz von der «Hydro-Electric Power Commission of Ontario», kurz «Hydro» genannt, mit Elektrizität beliefert. Diese Unternehmung wurde im Jahre 1906 als genossenschaftliche Unternehmung der

Partant de l'évolution d'entreprises canadiennes d'électricité, l'auteur brosse un tableau de problèmes d'ordre économique qui se posent d'une façon générale à l'industrie de la production et de la distribution de l'énergie électrique à base de «houille blanche».

Cet article contient en outre le texte de la conférence qui, faute de temps, n'a pas pu être tenue à l'assemblée annuelle de l'ASE à Fribourg. Si, depuis la conflagration, les conclusions ont passé en partie au second plan, il est très probable qu'elles regagneront de l'actualité dès le passage de l'économie de guerre à l'économie en temps de paix.

Nous publions cet article sans aucun engagement de notre part; il contient une foule de renseignements et de sujets de discussion intéressants. (— Réd.)

Gemeinden der gesamten Provinz gegründet und der Leitung einer von den Provinzialbehörden bestellten Kommission unterstellt. Die «Hydro» beweckt, ihre Mitglieder, die Gemeinden und das Volk von Ontario, zu Selbstkosten mit elektrischer Energie zu versorgen. Durch sukzessiven Ankauf der Anlagen von privaten Elektrizitätsgesellschaften entwickelte sich die «Hydro» rasch zu der grössten Unternehmung der öffentlichen Hand überhaupt. Sie besitzt ein faktisches Monopol in der Energieerzeugung, Uebertragung und Verteilung in Ontario und beliefert über 780 Gemeinden, wovon rund 124 Städte als Grossabnehmer. Die Zahl der belieferten Bezüger beträgt rund 700 000. Die direkte Energieabgabe erfolgt in der Hauptsache durch die Gemeinden.



Hydro-Electric Power Commission of Ontario.
Oben: Entwicklung der gesamten Anlagekosten.
Unten: Entwicklung der Reserven.

Hydro.
Gemeinden.

Ueber die Bedeutung der «Hydro» orientieren folgende Zahlen:

Das investierte Kapital betrug Ende 1937 rund \$ 425 000 000 (Fig. 1), das sind ca. 2,1 Milliarden

¹⁾ Die jährliche Bevölkerungszunahme betrug vor der Krise ca. 2,8 %.

Schweizerfranken. Vergleichsweise sei erwähnt, dass dieser Betrag mit den Erstellungskosten aller schweizerischen Elektrizitätswerke der allgemeinen Versorgung übereinstimmt.

Die Höchstbelastung erreichte im Dezember 1937 1 340 000 kW und der Energieumsatz im Jahre 1937 rund 7,5 Milliarden kWh, was ungefähr dem gesamten Energieumsatz in der Schweiz entspricht.

Die gesamte Stranglänge der Hochspannungsleitungen betrug Ende 1937 über 5000 km, wovon rund 1200 km 220-kV-Leitungen und 1250 km 110-kV-Leitungen.

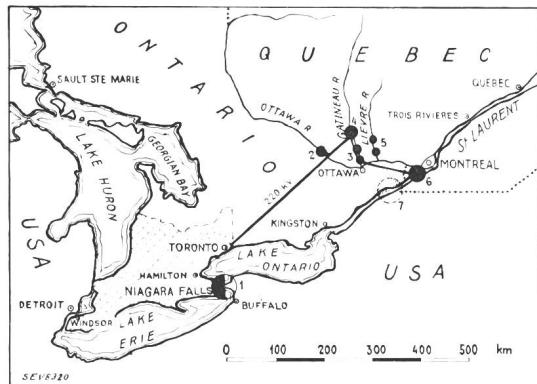


Fig. 2.

Situationsplan der Kraftwerke zur Belieferung der «Hydro».

	kW
1 Kraftwerke am Niagara, im Besitze der Hydro	700 000
2 Kraftwerke Chats Falls, 50 % im Besitze der Hydro	140 000
3 Kraftwerke Chelsea und Farmers, Gatineau Power Co.	220 000 (175 000) ¹⁾
4 Kraftwerk Paugan, Gatineau Power Co.	200 000
5 Kraftwerke der McLaren Quebec Power Co.	100 000 ²⁾
6 Kraftwerk Beauharnois	1 500 000 (300 000) ³⁾
7 Ausbau des St.-Lorenz-Stromes (Projekt) ca.	1 300 000 ³⁾

Schraffierte Fläche = Absatzgebiet des Niagara-Netzes.
1) Erster Ausbau.
2) Von der Hydro übernommene Leistung.
3) Hievon gehören 50 % den Vereinigten Staaten.

Das weitaus bedeutendste zusammenhängende Netz der «Hydro» ist das sogenannte «Niagara-Netz», das eine Bevölkerung von 2,1 Millionen Einwohnern beliefert. Das entsprechende Absatzgebiet ist in Fig. 2 schraffiert. Die folgenden Erörterungen beziehen sich auf dieses Netz.

Die gewaltige Entwicklung des Energieverbrauches während der Kriegsjahre 1914-1918, die zu einer Energieklemme führte, veranlasste die weit-sichtige Leitung, das Queenston-Kraftwerk am Niagara zu erstellen. Diese, für eine Ausbauleistung von 400 000 kW bei rund 100 m Gefälle vorgesehene Anlage war für die damalige Zeit (1919-1922) epochemachend. Durch sukzessiven Einbau der 8 Maschinengruppen von je 55 000 kVA Einzel-leistung sollte die Zunahme des Bedarfes auf viele Jahre hinaus gedeckt werden. Die Wirtschaftskrise von 1921 bereitete der Leitung der «Hydro» schwere Sorgen wegen des Energieabsatzes, jedoch nahm die Entwicklung des Bedarfes nach Überwindung der Krise ein beschleunigtes Tempo an, und der vollständige Ausbau dieses Kraftwerkes fand viel früher statt, als ursprünglich angenommen war. Im Jahre 1925 waren bereits die Energie-disponibilitäten der «Hydro» voll ausgenützt. Die Furcht vor einer neuen Energieklemme veranlasste

die Leitung, neue Wärmeanwendungen und die Verbesserung der öffentlichen Beleuchtung zurückzustellen.

Mit dem Ausbau des Queenston-Kraftwerkes waren die ausbauwürdigen Wasserkräfte am kanadischen Niagara im Rahmen des internationalen Vertrages, betreffend die Wasserkraftnutzung und den Heimatschutz, erschöpft. Da die weiteren verfügbaren, eigenen Wasserkräfte im unbewohnten, beinahe arktischen Norden der Provinz, abseits von den besiedelten Gebieten liegen, bestanden für die «Hydro» folgende drei Möglichkeiten:

1. Bau eines Wärmekraftwerkes im Konsumzentrum am Ontariosee,
2. Ausbau der internationalen Teilstrecke des St. Lorenzstromes,
3. Fremdenergiebezug von Kraftwerken in der benachbarten kanadischen Provinz Quebec und Ausbau des interprovinzialen Ottawa-Flusses.

Die erste Variante wurde fallen gelassen, um die Unabhängigkeit vom Auslande sicherzustellen und zwar trotz der Möglichkeiten einer billigen und relativ sicheren Kohlenzufuhr von den benachbarten Kohlenfeldern der USA. Die zweite Alternative hätte zu langdauernden Verhandlungen mit den Vereinigten Staaten geführt, somit den Ausbau zu sehr verzögert. Außerdem hätte die Grösse der auszubauenden Kraftwerksstufen bedeutende Kapitalinvestitionen verursacht und der Bau hätte mehrere Jahre beansprucht. Der Fremdenergiebezug von Quebec war die vorteilhafteste Lösung sowohl für die Energiekosten, als auch für die Lieferfristen.

Der Situationsplan (Fig. 2) gibt hierzu einen allgemeinen Ueberblick.

Die «Hydro» schloss nun mit privaten Elektrizitätsgesellschaften von Quebec Energielieferungsverträge ab, die auf Grund eines festen Ausbauprogrammes von 1928 bis 1936, nach Fig. 3, gestaffelt wurden. Das Ausbauprogramm war besonders sorgfältig aufgestellt und basierte auf statistischen Unterlagen über eine Zeitspanne von 18 Jahren. Die festgestellte durchschnittliche jährliche Zunahme des Energieverbrauches während dieser 18 Jahre betrug 11,4 %. Aehnliche Beobachtungsresultate wurden von andern kanadischen und amerikanischen Grossunternehmungen festgestellt. Vorsichtshalber und um die unvermeidliche Sättigung zu berücksichtigen, wurde jedoch mit einer durchschnittlichen jährlichen Bedarfszunahme von nur 7,7 % für die Periode von 1930 bis 1936 gerechnet. Die letzten Verträge für die Fremdenergielieferung wurden noch im Jahre 1930 abgeschlossen, nachdem in diesem Jahre trotz der bereits begonnenen Depression eine sehr starke Zunahme des Energieverbrauches stattgefunden hatte. Insbesondere hatte der Anschlusswert der Apparate und Motoren um 100 000 kW zugenommen.

Um die Belieferung der «Hydro» vorzunehmen, wurden neue Kraftwerke z. T. von bestehenden, z. T. von neugegründeten Gesellschaften erstellt. Die Finanzierung geschah zum grössten Teil auf dem

Wege von Obligationenanleihen, deren Verzinsung durch die Einnahmen aus den Energielieferungsverträgen garantiert war.

Kaum waren die letzten Energielieferungsverträge unterzeichnet und der Ausbau der neuen Kraftwerksstufen in vollem Gange, bzw. fast vollendet, so setzte zunächst ein Stillstand in der Ent-

die neue Besetzung der mit der Geschäftsleitung betrauten Kommission und zwar nicht mehr durch unabhängige Sachverständige, sondern durch Politiker;

der auf juristischen Spitzfindigkeiten beruhende Erlass des Oberstaatsanwaltes, wonach die mit den Quebecgesellschaften abgeschlossenen Energie-

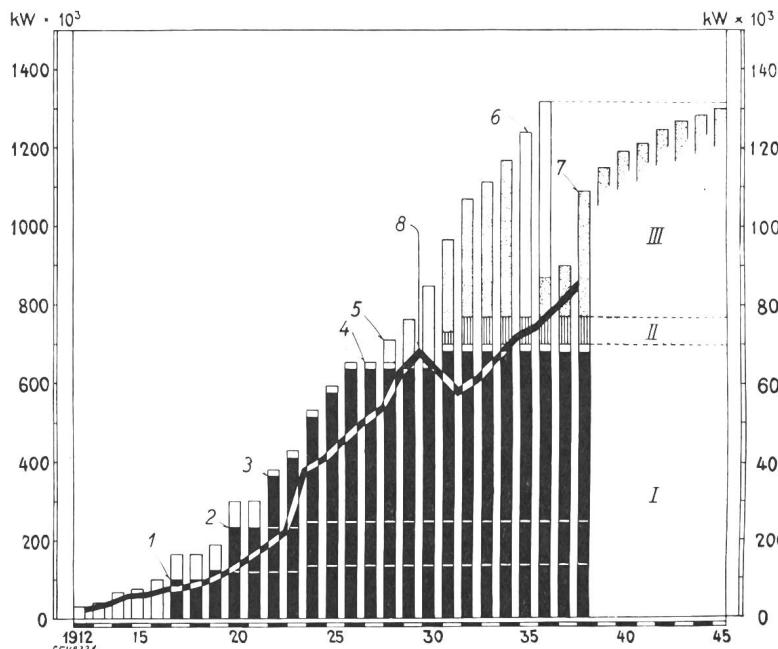


Fig. 3.

Entwicklung der verfügbaren Leistung (Säulen) und der Höchstbelastung (Kurve) im Niagara-Netz der Hydro.

Die ganze Säulenhöhe gibt die disponibile Leistung an. Der schwarze Teil einer Säule entspricht der Eigenproduktion.

1 Ontario Power.

2 Toronto Power.

3 Queenston.

Fremdenergiebezug:

4 von andern Niagara-Kraftwerken.

5 von Kraftwerken in d. Provinz Quebec.

6 Annulierte Kontrakte.

7 Neue Kontrakte.

8 20minütige Dezember-Spitzenlast ohne Energielieferung zu Abfallpreisen.

Bedarfsdeckung ab 1938:

I Niagara-Energie.

II Chat Falls, Anteil der Hydro.

III Aus der Provinz Quebec bezogene Energie.

wicklung des Energieverbrauches ein, der in den Jahren 1931 bis 1933 zu einem bedeutenden Rückgang führte. Trotz der sehr vorsichtigen Geschäftsführung der «Hydro», die einen besonderen Reservefonds für schlechte Jahre geäusnet hatte, waren die Auswirkungen der Absatzschrumpfung katastrophal. Die infolge des nicht benötigten festen Fremdenergiebezuges entstandenen Fehlbeträge stiegen in den 4 Jahren 1932 bis 1935 auf rund 12 Millionen \$. Infolgedessen ging der außerordentliche Reservefonds von 14,5 Millionen \$ im Jahre 1931 auf 3,8 Millionen \$ im Jahre 1935 zurück. Von der im Jahre 1935 verfügbaren Produktionsmöglichkeit von rund 1 100 000 kW²⁾ blieb rund 350 000 kW Konstantenergie mangels Absatzmöglichkeit unbenutzt. Unter normalen Verhältnissen hätte auf Grund der durchschnittlichen jährlichen Zunahme die in diesem Jahre beanspruchte Höchstleistung mutmasslich ca. 1 300 000 kW erreicht.

III.

In Zeiten des wirtschaftlichen Niederganges war es unter diesen Umständen nicht zu vermeiden, dass die Politik in die Geschäfte der «Hydro» eingriff und dass es zu unerwünschten Ereignissen kam, auf die hier nicht ausführlich eingetreten wird. Es seien lediglich erwähnt:

²⁾ Zuzüglich 10 % Reserve. Die «Hydro» besitzt keine Reserve-Wärmekraftwerke, hält jedoch 10 % der benötigten Höchstleistung in den Wasserkraftwerken in Reserve, während in den USA und in England in Wärmekraftwerken eine Leistungsreserve von 30 % der Höchstleistung vorgesehen wird.

lieferungsverträge als verfassungswidrig und ungültig erklärt wurden;

der Erlass, wonach kein Verfahren gegen die Kommission der «Hydro» eingeleitet werden kann, also praktisch die Immunität der Kommission.

Die Folgen waren einerseits die sofortige Sanierung der Finanzen der «Hydro» und darauf folgende Tarifermässigungen für die Gross- und Kleinabnehmer, anderseits rund 350 000 kW brachliegende Kraft, die keine anderweitige Verwendung finden konnte, Kursverluste im Betrage von \$ 56 000 000 für die Obligationäre der durch die Aufhebung der Verträge betroffenen Energielieferungsgesellschaften von Quebec und darauffolgende Einstellung der Verzinsung einiger Obligationenanleihen.

Es würde zu weit führen, über die darauffolgenden, vorwiegend ergebnislosen Verhandlungen zu berichten, die der Aufhebung der Energielieferungsverträge folgten. Die neue Kommission der «Hydro» glaubte, durch die Anpassung der Energie disponibilitäten an den unmittelbaren Bedarf richtig zu handeln. Sie erneuerte nur zwei Verträge, um eine Reserve an verfügbarer Energie zu besitzen und beabsichtigte, zur Deckung des zukünftigen Bedarfs neue Kraftwerke am Niagara zu erstellen.

Jedoch die Tücken des Energiemarktes überraschten auch die neue Kommission in ihrer Autarkiepolitik der Rückkehr zur Eigenerzeugung. Im Jahre 1936 begann der Wiederaufstieg des Energieverbrauches, der im Sommer 1937 ungeahnte Fortschritte machte. Die öffentliche Meinung

wurde alarmiert, da für den Winter 1937/1938 eine Energieklemme als unvermeidlich vorausgeschenkt wurde. Die Regierung musste ihre Autarkiepolitik aufgeben und ernannte Ende 1937 eine neue Kommission aus Sachverständigen. Diese pflogen sofortige Verhandlungen mit den Quebecgesellschaften und schlossen neue Verträge im Rahmen der ursprünglichen ab, mit einer Preisreduktion von \$ 20 auf \$ 17 pro kW jährlicher Konstantenergie und einigen Konzessionen für die Staffelung der Lieferfristen der zusätzlichen Energiequoten. Dank dieser Wendung wurde die Provinz Ontario im Winter 1937/38 von einer katastrophalen Energieklemme verschont.

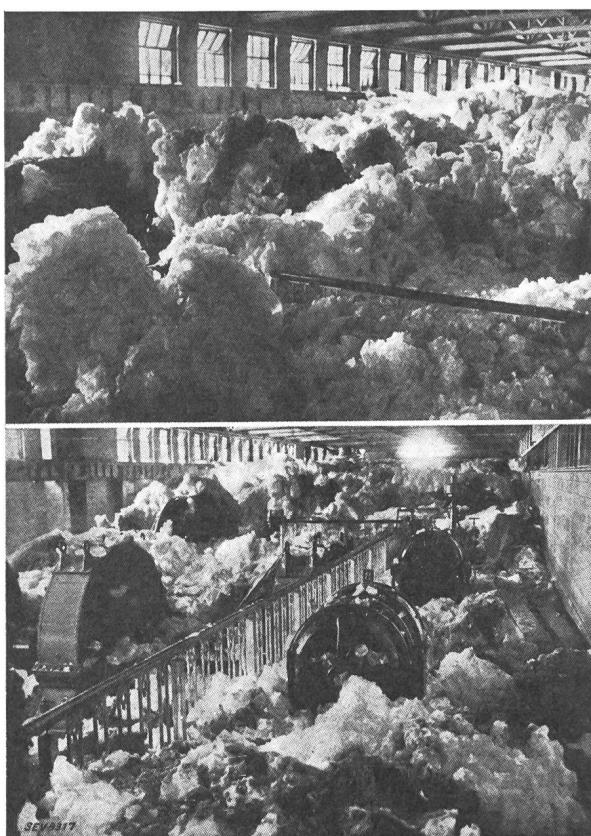


Fig. 4.
Von den Eismassen überflutetes Kraftwerk der Hydro
am Niagara.
(Aus Electrical News.)

Im Januar 1938 wurde nämlich das unmittelbar am Fusse der Niagarafälle liegende Kraftwerk Ontario nach dem Einsturz der Niagarabrücke von den sich bildenden Eisstauungen vollständig überflutet, wobei die Eismassen bis zur Kranbahn des Maschinenraumes reichten (Bild 4). Durch den Stillstand dieser Anlage erlitt die Unternehmung eine Einbusse an Leistung von 130 000 kW, zu der noch ein Leistungsausfall infolge von Eisstauungen im Oberwasserkanal des Queenston-Werkes von rund 60 000 kW während 50 Stunden hinzukam. Der gesamte Leistungsausfall entsprach ca. $\frac{1}{4}$ der Maximalbelastung der festen Lieferungen des zusammenhängenden, als «Niagara-System» bezeichneten Hauptnetzes.

IV.

Wie versucht nun die neue Kommission die Produktionsmöglichkeit dem Bedarf anzupassen? Nachdem die Verträge erneuert waren, musste die «Hydro» einen vorübergehenden Absatz für die zur Deckung des zukünftigen Bedarfszuwachses vorhandenen, überschüssigen Energiemengen suchen. Solche Absatzmöglichkeiten gibt es nur in den Vereinigten Staaten, wohin die «Hydro» bereits einen Teil der am Niagara erzeugten Energie ausführt und wo eine Verbundwirtschaft mit thermischen Anlagen möglich ist. Die «Hydro» stellte dem Parlament ein Gesuch für eine Ausfuhrbewilligung von ca. 100 000 kW vorübergehender Überschusskraft. Um die Tragweite dieses Schrittes zu erfassen, werden im folgenden kurz die gesetzlichen Bestimmungen in Kanada betr. Energieausfuhr erwähnt.

Wie die Schweiz, musste Kanada seine verfügbaren, sehr vorteilhaften Wasserkräfte vor der Ausfuhr elektrischer Energie schützen. Die ersten, gesetzlichen Bestimmungen betreffend die Ausfuhr

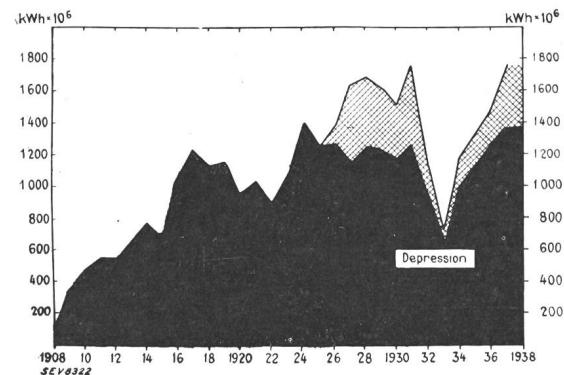


Fig. 5.
Entwicklnug des Energieexports aus Kanada nach den
Vereinigten Staaten.

■ Unkonstantenergie.
■ Konstantenergie.

elektrischer Energie stammen aus dem Jahr 1907 und stellen die Energieausfuhr unter die Aufsicht der Bundesbehörden (Handelsabteilung). Im Jahre 1924 wurde durch ein Gesuch auf Erteilung einer Ausfuhrbewilligung an ein bei Montreal zu erstellendes Kraftwerk die Opposition gegen die Energieausfuhr verstärkt. Das Parlament beschloss, keine Exportbewilligung mehr zu erteilen, ohne die Regierungen der betreffenden Provinzen zu begrüßen. Im Jahre 1926 verboten die Regierungen von Ontario und Quebec jede neue Energieausfuhr mit Ausnahme der auf Grund von bestehenden Verträgen bereits bewilligten Mengen. Im Hinblick auf die Energieschwemme, die seit der Krise entstanden war, wurden diese Verordnungen im Jahre 1933 in Quebec und einige Zeit später in Ontario aufgehoben.

Gegenwärtig stößt der Energieexport auf Schwierigkeiten, die von der Haltung der amerikanischen Regierung herrühren. Bekanntlich ist diese am Ausbau der eigenen Wasserkräfte stark beteiligt.

Die Entwicklung der kanadischen Energieausfuhr nach den Vereinigten Staaten ist in Fig. 5 dargestellt³⁾.

Der in Kanada erfolgte Umschwung in der öffentlichen Meinung betreffend die Ausfuhr elektrischer Energie beweist also, dass in Ländern der «weissen Kohle» die Energieausfuhr ein wirksames Mittel zur Lösung der besonderen Schwierigkeiten bei der Anpassung von Produktionsmöglichkeit und Bedarf bedeutet.

V.

Der Fall der «Hydro» ist ein typisches Beispiel für die besonders schwierige Anpassung von Produktionsmöglichkeit und Bedarf in Ländern mit vorherrschender Wasserkraftnutzung. Er zeigt, dass mit der fortschreitenden Elektrifizierung die oft behauptete Widerstandsfähigkeit der Elektrizitätsversorgungsunternehmungen nicht parallel verläuft. Da einerseits neue, gutbezahlte Elektrizitätsanwendungen mit geringem spezifischem Energieverbrauch immer seltener werden, und anderseits die Fortschritte der Technik in den elektrochemischen, elektrometallurgischen und elektrothermischen Fabrikationsprozessen den Verbrauch grosser Energiemengen zu niedrigen Preisen fördern, ist zu befürchten, dass die Stabilität des Elektrizitätsmarktes immer schwächer wird, um so mehr, als die Grossindustrie die Tendenz hat, von der Eigenenerzeugung zum Fremdenergiebezug überzugehen. Es ist also sehr wahrscheinlich, dass in den Ländern der «weissen Kohle» die Schwierigkeiten in der Anpassung von Produktionsmöglichkeit und Bedarf zunehmen werden, je mehr der Energiemarkt den Konjunkturschwankungen ausgesetzt ist.

B. Die niederwertigen Anwendungen und der entsprechend geringere Erlös der aus Wasserkraft erzeugten elektrischen Energie.

I.

Durch den Ausbau der Wasserkräfte für die Grosskrafterzeugung fallen, als eigentliches *Abfallprodukt*, beträchtliche Mengen von *Abfallkraft* an. Diese sind nur zu gewissen Jahres- oder Tageszeiten verfügbar, können also nicht nach Belieben verwendet werden.

Der Anteil, der je nach den hydrologischen Verhältnissen während eines Teiles des Jahres dauernd verfügbar ist, wird als *Saisonenergie* bezeichnet. Diese Energie wird durch die Kupplung der Laufwerke mit Speicher- oder Wärmekraftwerken oder mit ausländischen Netzen nutzbar verwertet (Energieaustausch zwischen Ländern mit Wasserkraft und mit Kohlevorkommen). Die Saisonenergie wird auch für elektrochemische, elektrometallurgische und elektrothermische Anwendungen, die zur Niederwasserzeit teilweise oder gänzlich stillgelegt werden, verwendet.

Die verbleibenden Energiequoten stellen die eigentliche *Abfallenergie* dar. Es handelt sich um

³⁾ Im Jahre 1937 erreichte die Energieausfuhr rund 1,7 Milliarden kWh oder ca. 6 % der gesamten Energieerzeugung Kanadas.

die im Laufe eines Jahres oder von einem Jahre zum andern sehr veränderlichen Energiemengen, deren Schwankungen durch die Zuflüsse einerseits und durch den Bedarf anderseits hervorgerufen werden. Bis zum Beginn des letzten Jahrzehnts konnten diese Energiequoten, ausgenommen für die wenigen Pumpenanlagen zur Energiespeicherung, im allgemeinen nicht abgesetzt werden. Gegenwärtig werden grosse Mengen von Abfallenergie verwertet zur Belieferung von Elektrokeseln mit Ersatzheizung (Kohlen- oder Ölheizung). Hierbei handelt es sich fast ausschliesslich um einschränkbare Lieferungen.

Die Elektrokessel stellen die ärmste Verwendung der elektrischen Energie dar, für die die Lieferpreise Paritätspreise der festen und flüssigen Brennstoffe sind. Diese Preise erreichen in der Regel nur einen Teil der mittleren Gestehungskosten der kWh, z. B. in Kanada ca. 0,07 Cent (0,3 Schw. Rp.) gegenüber den Gestehungskosten der kWh ab Kraftwerk von ca. 0,14 Cent (0,6 Schw. Rp.). In der Schweiz erreichen die Energiepreise für Grosselektrokessel ebenfalls nur rd. die Hälfte der mittleren Gestehungskosten der kWh ab Niederdruckwerk.

Da die wirtschaftlichsten Gefällstufen und die den Verbrauchszentren zunächst gelegenen Wasserkräfte im allgemeinen zuerst ausgebaut wurden, werden voraussichtlich die Gestehungskosten neu zu erstellender Kraftwerke steigen. Ueber das Ausmass dieser Steigerung orientieren die Zahlen der Tabelle I.

Gestehungskosten der kWh Laufenergie ab Niederdruckwerk neueren Datums.

Tabelle I.

Laufwerk	Jahr der Betriebs- eröffnung	Erstel- lungskosten	Mög- liche Leistung	Mög- liche jährliche Erzeu- gung	Mittlere Gestehungs- kosten d. kWh
			10 ⁶ Fr.	kW	10 ⁶ kWh Cts.
I. Schweiz (Rhein, Aare u. Limmat)					
Ryburg-Schwörstadt . .	1930	60	92 000	600	1,0
Wettingen	1933	18	21 000	140	1,3
Albbrück-Dogern . . .	1934	64	74 000	490	1,3
Klingnau	1935	40	38 000	230	1,7
II. Kanada (St. Maurice River, Provinz Quebec)					
Shawinigan Falls, Kraftwerk 2 B ¹⁾ . .	1929	35	90 000	ca. 600	0,6
Rapide Blanc ²⁾					
1. Ausbau	1934	45	120 000	ca. 800	0,6 ³⁾
Vollständiger Ausbau				180 000	

¹⁾ In unmittelbarer Nähe der Verbrauchszentren liegendes Kraftwerk.

²⁾ Ueber 200 km von den Verbrauchszentren entfernt liegendes Kraftwerk.

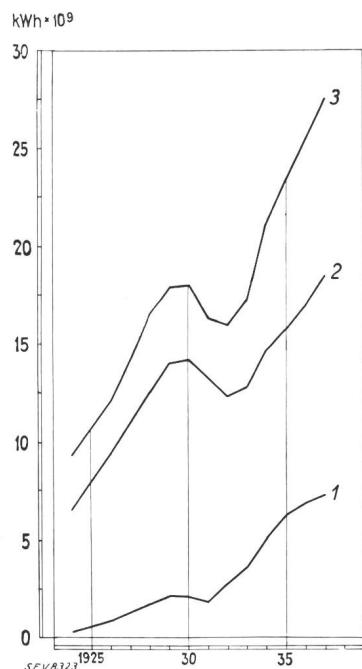
³⁾ Der kWh-Preis ab Höchstspannung im Verbrauchszentrum beträgt rund das Doppelte.

Wenn auch infolge der Verbesserung der sozialen Verhältnisse bei den Bergbauarbeitern eine Erhöhung der Brennstoffpreise in normalen Grenzen eintreten könnte, so ist auf lange Sicht damit

zu rechnen, dass der Lieferpreis der kWh für die Elektrokessel stets bedeutend unter den mittleren Energiegestehungskosten bleiben wird (Krieg- und Streikfälle ausgenommen). Der Elektrokessel wird also ein Abnehmer von Abfallkraft, die für andere Zwecke nicht verwertbar ist, bleiben; seine Wirtschaftlichkeit gründet sich auf die bessere Ausnützung der Wasserkraftwerke, die sich aus der Einschränkbarkeit der Lieferungen ergibt.

II.

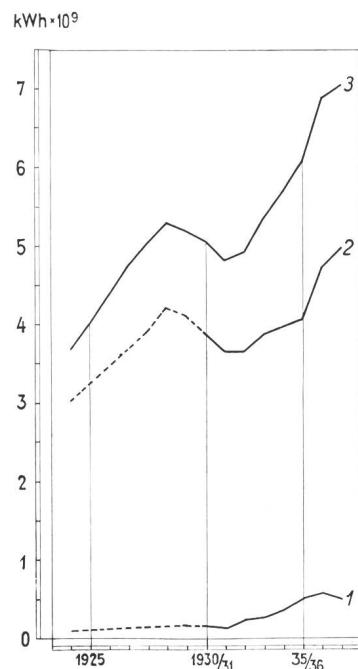
Fig. 6 zeigt für Kanada und die Schweiz die Entwicklung der Lieferungen für Elektrokessel,



hochwertiger Energie werden dauernd an Stelle von niedrigerwertiger Energie zu entsprechend geringen Preisen abgesetzt.

Die sich daraus ergebenden Folgen sind um so schlimmer, als die Erstellung neuer Kraftwerke nicht mehr nur auf Grund der Bedarfszunahme für normale Verwendungszwecke beschlossen wird; es macht sich die Tendenz geltend, auch die Sicherstellung eines fiktiven Gesamtbedarfs einschliesslich die schlecht bezahlten Lieferungen zu berücksichtigen. Zudem werden neue Gefällstufen ausgebaut aus politischen oder konzessionsbedingten Gründen, ohne dass der Vergrösserung der Produk-

Fig. 6.
Entwicklung der Lieferungen für Elektrokessel (1), des Inlandverbrauchs ohne Lieferungen für Elektrokessel (2) und der Gesamterzeugung einschliesslich der Energieausfuhr (3) in Kanada (links) und in der Schweiz (rechts).



den Inlandverbrauch ohne Elektrokessel und die Gesamterzeugung einschliesslich der Energieausfuhr. Es ist klar, dass die bedeutende Zunahme der Lieferungen für Elektrokessel im Laufe der vergangenen Jahre nicht ausschliesslich von der stets vollständigeren Verwertung von Abfallkraft herrührt. Sie wurde vielmehr durch den zu grossen Ausbau der Erzeugungsanlagen verursacht, der infolge des gegenüber den Schätzungen geringeren Bedarfzuwachses entstand. Notgedrungen wurden auch die Energieüberschüsse, für die kein Absatz vorhanden war, zu Preisen von Abfallenergie verkauft.

In Zeiten von Energieschwemme wird also in Ländern der «weissen Kohle» auch die überschüssige, jederzeit zur Verfügung stehende Energie für niedrigerwertige Anwendungen mit entsprechend geringerem Erlös abgegeben. Diese Erscheinung wäre an sich durchaus normal, wenn die Überschüsse an hochwertiger Energie nach und nach für lohnende Verwendungszwecke aufgebraucht werden könnten und zuletzt nur Abfallkraft sowie Reservekraft für niedrigerwertige Anwendungen wie z. B. der Elektrokessel benutzt würde. Aus der Entwicklung in den letzten Jahren scheint aber hervorzugehen, dass dies nicht der Fall ist; denn gewisse Mengen

tionsanlagen eine entsprechende Verbrauchszunahme von hochbezahlter Energie gegenübersteht.

Anderseits lassen verschiedene Anzeichen darauf schliessen, dass wir erst am Anfang dieser Entwicklung stehen; denn Gross- und Kleinabnehmer sind immer mehr geneigt, aus Bequemlichkeit die Verwendung von festen und flüssigen Brennstoffen nach Möglichkeit durch Hydroelektrizität zu ersetzen. Ferner ist zu bedenken, dass die Bestrebungen, die in einigen Ländern darauf hinzielen, die nationalen Energiequellen in den Dienst der Autarkie zu setzen, insbesondere die Verwendung grosser Energiemengen zur Erzeugung von synthetisch hergestellten Stoffen, unvermeidlich auf die Preise der elektrischen Energie drücken werden.

Sollten diese Tendenzen freies Spiel erlangen, so würden die Elektrizitätswerke rasch in finanzielle Schwierigkeiten geraten. Deshalb werden überall Anstrengungen gemacht, die Elektrizitätsanwendungen für Licht und Kraft, unter anderm die Verbesserung der Beleuchtung und die Elektrifizierung der städtischen Verkehrsmittel zu fördern, z. B. die Einführung des Trolleybus und die Entwicklung der Akkumulatorenfahrzeuge als Kleinlieferwagen.

Wenn auch die Absatzmöglichkeiten für diese Anwendungen mengenmäßig beschränkt sind, so ist die grosse Entwicklungsmöglichkeit, insbesondere des Trolleybus, zu berücksichtigen, denn mit den raschen Fortschritten der Technik der Umformung von Wechselstrom in Gleichstrom dürfte es möglich sein, in einer nicht zu fernen Zukunft die Umformung auf dem Fahrzeug selbst vorzunehmen. Die Amerikaner rechnen schon mit dieser Möglichkeit bei der Propagierung des Trolleybus, der dann für Städte, die gleichzeitig Elektrizitätswerke und Verkehrsbetriebe besitzen, besonders vorteilhaft wäre.

Bei den Wärmeanwendungen, insbesondere dem Elektrokessel, wird man immer mehr darnach trachten müssen, die Energieentwertung womöglich durch eine elastischere Gestaltung der Lieferungspflicht auszugleichen. Die möglichst vollständige Ausnutzung der Speicherfähigkeit der neben dem Elektrokessel vorhandenen Kohlen-, bzw. Oelheizkessel, die Aufstellung von Dampf-, bzw. Warmwasserspeichern, die Kessel mit teilweise wöchentlicher Wärmespeicherung zur Verwertung von Wochenendenergie stellen zahlreiche Möglichkeiten wie auch Spezialfälle dar, um die als Wärmequelle verwendete hydro-elektrische Abfallenergie vorteilhafter zu verwerten.

In diesem Zusammenhang sind die interessanten Projekte, die gegenwärtig in Kanada geprüft werden, zu erwähnen. Im östlichen Teil dieses Landes gibt es im allgemeinen nur Niederdruckkraftwerke, die an Flussläufen liegen, deren Wasserführung durch natürliche und künstliche Seen reguliert wird. Es handelt sich also dort um Kraftwerke, die grösstenteils das ganze Jahr hindurch über ziemlich konstante Leistung verfügen. Da die Elektrokessel, die bis zu Einheitsleistungen von 50 000 kW gebaut werden, in unmittelbarer Nähe der Kraftwerke aufgestellt sind, besteht die Möglichkeit, den Elektrokessel mit einem andern Dampferzeuger, z. B. Veloxkessel zu verbinden. Dieser würde während der Netzbelaistungsspitzen des Kraftwerktes in Betrieb gesetzt, was die Belieferung der Elektrokessel nur ausserhalb der Spitzzeit ermöglichen würde.

C. Die Elektrizitätsgesellschaften als Quelle indirekter Besteuerung.

I.

Die Schwierigkeiten wirtschaftlicher Art während der Krise haben die Kassen der öffentlichen Hand stark beansprucht und vor besondere Aufgaben gestellt. Es schien ganz natürlich, das Geld dort zu nehmen, wo es vorhanden ist. Da die Elektrizitätserzeugungs- und Verteilungsgesellschaften während früherer Wirtschaftsdepressionen und zu Beginn der letzten Krise eine bemerkenswerte Widerstandskraft bewiesen hatten, ist es nicht zu verwundern, dass diese Unternehmungen in besonders starkem Masse zur Speisung der Staats- und Gemeinkassen beitragen mussten.

Fig. 7 gibt für die Vereinigten Staaten, Kanada und die Schweiz die Zunahme der durch die Elek-

trizitätsunternehmungen bezahlten Steuern und Abgaben an die öffentlichen Kassen in Prozenten der Einnahmen aus dem Energieverkauf.

Es ist bekannt, dass der Energiepreis von der Anwendungart der Elektrizität abhängt. Umgekehrt hängt auch die Verwendung der elektrischen Energie von deren Lieferpreis ab. Notgedrungen läuft die Entwicklung in der Richtung der Grosslieferungen zu niedrigen Preisen. Folglich wird die Be-

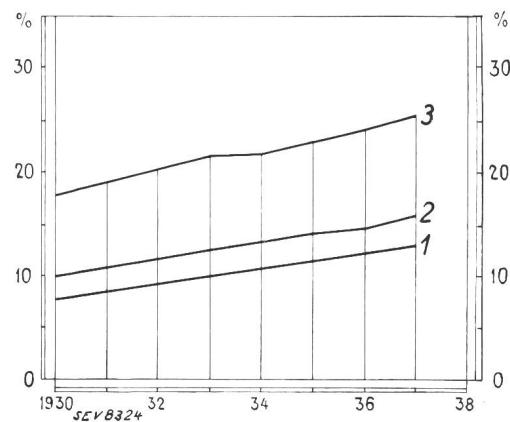


Fig. 7.

Entwicklung der fiskalischen Belastung der Elektrizitätsunternehmungen in Prozenten der Einnahmen.

Land:	Unternehmung:	Energieumsatz	Einnahmen
		im Jahre 1937 10 ⁹ kWh	im Jahre 1937 10 ⁶ Fr.
1 Kanada	Montreal Light, Heat & Power Co.	2	113
2 U.S.A.	Gesamtheit der Privaten Elektrizitätsgesellschaften	121	9000
3 Schweiz	Gesamtheit der EW für Energieabgabe an Dritte	5 ¹⁾)	248

¹⁾ 1936/37.

steuerung der Elektrizitätsunternehmungen in stets vermehrtem Masse die Entwicklung der neuen Elektrizitätsanwendungen beeinträchtigen. Die öffentliche Hand, die selbst Interessen in Elektrizitätsunternehmungen besitzt, hemmt also die Entwicklung der eigenen Betriebe und handelt gegen die eigenen Interessen.

Zum Beweis sei nachstehendes aufgeführt:

In der Schweiz, wo die Anforderungen des Publikums und der Lebensstandard besonders hoch sind, beträgt der durchschnittliche jährliche Energieverbrauch pro Abonnent für Haushaltungen 780 kWh. Die Elektrizitätswerke der allgemeinen Versorgung bezahlten pro 1937 an den Fiskus 64 Millionen Franken, inbegriffen die Nettogewinne der Unternehmungen der öffentlichen Hand, die den öffentlichen Kassen zufließen, was 25,8 % der Einnahmen aus dem Energieverkauf darstellt.

In Kanada, insbesondere in der Provinz Ontario, sind Lebensstandard und Anforderungen des Publikums den schweizerischen Verhältnissen sehr ähnlich. In dieser Provinz beziffert sich der durchschnittliche Energieverbrauch pro Abonnent für Haushaltungen auf rund 1 750 kWh pro Jahr. Wie bereits erwähnt, wird in dieser Provinz die Energie zu den Selbstkosten durch eine Unternehmung der öffentlichen Hand verteilt. Diese bezahlt dem Fiskus nur rund \$ 1 000 000 bzw. 4,4 Millionen Franken pro Jahr. Das sind 0,6 % der Einnahmen aus dem

Energieverkauf. (Der Energieumsatz entspricht dem Umsatz der gesamten Schweiz.)

In der Provinz Quebec (französisches Sprachgebiet von Kanada) sind die Elektrizitätsunternehmungen als Privatgesellschaften aufgebaut. Sie bezahlen in Form von Gemeinde-, Provinz- und Staatssteuern bis zu 13 % der Einnahmen. Der durchschnittliche, jährliche Energieverbrauch pro Abnehmer beträgt für Haushaltungen rund 700 kWh.

In Winnipeg ist das Elektrizitätswerk der Gemeinde praktisch steuerfrei. Der durchschnittliche Energieverbrauch pro Abnehmer erreicht für Haushaltungen die Rekordzahl von 4 700 kWh pro Jahr.

II.

Für Leser, die sich für Zahlen interessieren, sei erwähnt, dass in Winnipeg der grosse Energieverbrauch⁴⁾ hauptsächlich von dem Verbrauch der Heisswasserspeicher herröhrt, deren Jahresverbrauch durchschnittlich 5 400 kWh pro Speicher und insgesamt 58 % des gesamten Haushaltenergieverbrauches entspricht. Die Einnahme pro Heisswasserspeicher beträgt im Mittel \$ 21.00 = Fr. 91.50 pro Jahr und der mittlere Erlös pro kWh 0,39 Cent = 1,7 Rp. Mehr als die Hälfte der Abnehmer besitzen Warmwasserspeicher.

Ferner enthält die Tabelle II für 4 kanadische Städte den Gaspreis und die Zahl der Gasabonnen-

III.

Aus diesen Erörterungen folgt die bekannte Tatsache, dass der Grossverbrauch an elektrischer Energie in Haushaltungen von den Wärmeanwendungen herröhrt und dass dieser Verbrauch um so grösser ist, je geringer der Energiepreis. Ohne Zweifel wirkt sich also die fiskalische Belastung der Elektrizitätsunternehmungen gegen den hohen Energieverbrauch in den Haushaltungen aus. Diese decken ihre Bedürfnisse an Wärme durch andere Energieträger.

In den Ländern der «weissen Kohle» wirkt sich also die Vermehrung der fiskalischen Belastung der Elektrizitätsunternehmungen gegen die nationalen Interessen aus und wird den Ausbau neuer Wasserkraftanlagen und also die vollständigere Verwertung nationaler Energiequellen verzögern.

D. Zukunftsaussichten.

I.

Auf dem Gebiet der Elektrizitäts-Erzeugung und -Verteilung spielten bis zum Beginn des letzten Jahrzehnts die Probleme des Energieabsatzes eine sekundäre Rolle. Neue Elektrizitätsanwendungen eröffneten stets neue Absatzmöglichkeiten und die Schwierigkeiten für den Absatz der verfügbaren Energiemengen waren vorübergehend und im allgemeinen von untergeordneter Bedeutung. Dagegen

Tabelle II.

Stadt	Einwohnerzahl	Stadtgas		Durchschn. Elektrizitäts- verbrauch pro an- geschlossene Haushaltung	E l e k t r i z i t ä t					
		Angeschlos- sene Haus- haltungen in % der Einwohner- zahl	Preis Rp./m ³		Kosten für verschiedene Monatsverbrauch in schw. Franken					
					min.	50 kWh	100 kWh	200 kWh	500 kWh	
Montreal .	1 000 000	14,5	19,3	700	2,60	{ 7,50 5,65	15,00 11,30	30,00 19,10	75,00 ¹⁾ 30,80 ²⁾	
Toronto . .	809 000	23,9	12,5	2060	3,25	5,50	7,45	11,35	23,10 ³⁾	
Winnipeg .	284 000	7,1	22,3	4694	2,20	6,50	10,80	14,70	26,00 ³⁾	
Ottawa . .	176 000	4,9	27,4	4050	3,25	6,30	8,60	11,40	16,80	

¹⁾ vor 1937.

²⁾ seit 1937.

³⁾ Wohnungen mit 140 m² Grundfläche⁴⁾

ten in Prozenten der Bevölkerungszahl, den mittleren Elektrizitätsverbrauch pro Haushalt-Abonnent und die Elektrizitätspreise für verschiedene, monatliche Energiebezüge. Die Zahlen zeigen, dass, je geringer der Gaspreis, desto grösser die Zahl der Gasabonnenten und desto kleiner der Elektrizitätsverbrauch pro Haushalt-Abonnent ist. Anderseits ist der Einfluss der fallenden Energiepreise auf den Verbrauch der Haushaltungen erkennbar. (Mit zunehmendem Verbrauch fallende Energiepreise wurden in Montreal erst kürzlich eingeführt, so dass sie sich noch nicht auf den Verbrauch auswirkten.) Allerdings ist bei der Beurteilung der Abweichung der Elektrizitätsverbrauchszahlen pro Haushaltungen-Abonnent in Montreal und den übrigen Städten den unterschiedlichen Gewohnheiten der französischen und englischen Bevölkerung Rechnung zu tragen.

⁴⁾ Siehe Bulletin SEV 1938, Nr. 14, S. 365.

verursachte die Lösung technischer Probleme unzählbare Schwierigkeiten. Dank gewaltiger Anstrengungen und dank der engen Zusammenarbeit zwischen den Maschinenfabriken und den Elektrizitätswerken wurden die Schwierigkeiten technischer Art überwunden und es scheint, dass in der Zukunft die sich stellenden schwierigsten Probleme immer mehr aufs wirtschaftliche Gebiet verschoben werden.

Die folgenden Zahlen und Figuren, die sich auf die «Shawinigan Water & Power Co.», die grösste kanadische Elektrizitätsgesellschaft nach der «Hydro» beziehen, geben einen Einblick in das Ausmass dieser Probleme. Von der im Jahre 1937 umgesetzten Energiemenge von 5,7 Milliarden kWh wurden 2 Milliarden für Elektrokessel geliefert, während im Jahre 1929 bei 3,4 Milliarden kWh Umsatz nur 0,7 Milliarden kWh für Elektrokessel abgegeben wurden. Im Jahre 1937 wurden auf

2 178 250 Aktien, die einem Kapital von \$ 72 100 000 (315 Millionen Fr.) entsprachen, pro Aktie \$ 0.85 für Dividenden und \$ 0.61 für Steuern bezahlt. Im Jahre 1929 betrugen die entsprechenden Zahlen \$ 2.00 für die Dividenden und \$ 0.30 für die fiskalischen Abgaben pro Aktie. Den vorstehenden Zahlen wird in den Fig. 8 und 9 die Entwicklung des Bruttogewinnes, des Ertrages der Aktien und

in verschiedener Hinsicht stets vorbildlich in der Entwicklung der Technik der grossen Wasserkraftanlagen und der Hochspannungsfernübertragung. Es ist nicht ausgeschlossen, dass auf wirtschaftlichem Gebiet diese Unternehmungen wegweisend sein werden in der Entwicklung der Elektrizitätsunternehmungen im allgemeinen.

Die Anpassung von Produktionsmöglichkeit und Bedarf, die niedrigeren Anwendungen und der entsprechend geringere Erlös der hydroelektrischen Energie und die mit der fiskalischen Belastung der Elektrizitätsunternehmungen zusammenhängenden Fragen zählen in den Ländern der «weissen Kohle» zu den bedeutendsten Problemen der Elektrizitätswirtschaft.

II.

Zu diesen Problemen werden sich im allgemeinen noch viele andere stellen. Insbesondere dürfte die Entwicklung der industriellen Produktion, die stets nach kürzeren Lieferfristen trachtet, unvermeidlich zu grösseren Konjunkturschwankungen führen. Es folgt daraus, dass die Elektrizitätswerke einerseits stets grösseren Belastungsspitzen, anderseits stets wachsenden Schwankungen des Bedarfes entgegengehen werden.

Da die Elektrizitätswerke durch langfristige Verträge und in gewissen Ländern durch behördliche Verordnungen gebunden sind, können sie sich während guter Jahre nicht «erholen». Ihre Entwicklungsmöglichkeiten sind also beschränkter als diejenigen anderer Industrien. Das ergibt sich aus der in Fig. 10 dargestellten Entwicklung des Index der Aktienkurse für die Gesamtheit der kanadischen Unternehmungen (Kurve A) und für die kanadischen «public utilities» oder Versorgungsunternehmen (Kurve B).

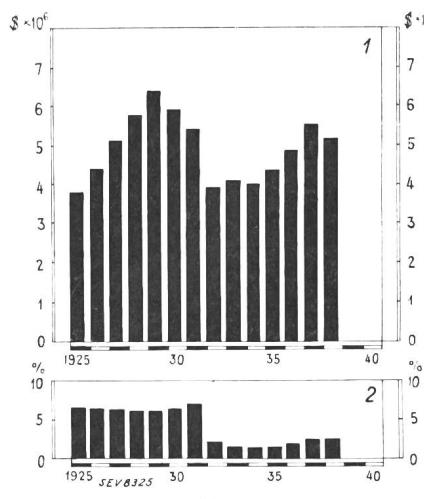


Fig. 8.

Shawinigan Water & Power Co.

Bruttogewinne (oben), Ertrag der Aktien (in Prozenten des Buchwertes) (unten).

der Verteilung des Bruttogewinnes gegenübergestellt. Die Schrumpfung des Ertrages der Aktien und die beachtenswerte Steigerung der fiskalischen Belastung sind in der Figur deutlich ersichtlich. Es sei darauf hingewiesen, dass der Energieumsatz der «Shawinigan Water & Power Co.» demjenigen der Gesamtheit der schweizerischen Elektrizitätswerke der allgemeinen Versorgung entspricht.

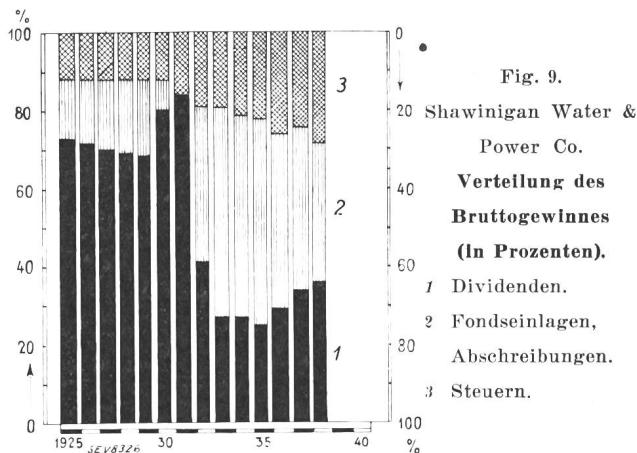


Fig. 9.

Shawinigan Water & Power Co.
Verteilung des
Bruttogewinnes
(In Prozenten).
1 Dividenden.
2 Fondseinlagen,
Abschreibungen.
3 Steuern.

Durch die Kühnheit der Gestaltung der Erzeugungs- und Uebertragungsanlagen und dank der beträchtlichen verfügbaren Mittel marschierten die «Hydroelectric Power Commission of Ontario» und die «Shawinigan Water & Power Co.» stets an der Spitze der technischen Fortschritte. Unter dem doppelten Einfluss der europäischen und der amerikanischen Technik waren diese Unternehmungen

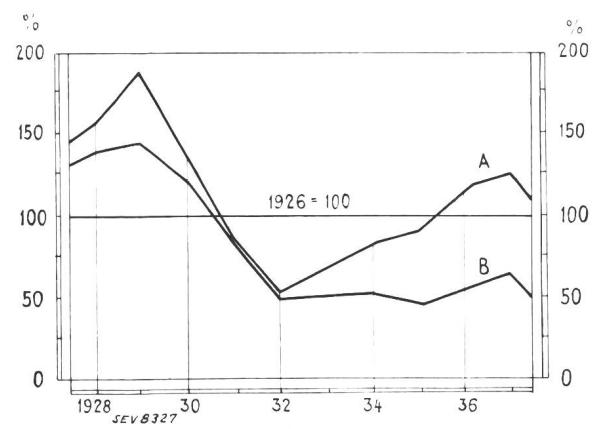


Fig. 10.

A für die Gesamtheit der kanadischen Unternehmungen.
B für die Gruppe der kanadischen Public Utilities.

Wenn die von 1935 bis 1937 stattgefundene Hause der an der Börse gehandelten Aktien als Maßstab für die allgemeine Erholung der industriellen Tätigkeit bewertet werden darf, so zeigt Kurve B, dass die Elektrizitätsgesellschaften, die Hauptgruppe der «public utilities», kaum an dieser Erholung teilgenommen haben. Die Aktien dieser

Unternehmungen werden noch stark unter den Höchstwerten von 1929 gehandelt. Selbst wenn man die Uebertreibungen der Kurse vom Jahre 1929 berücksichtigt, so ist nicht daran zu zweifeln, dass sich der Index der Aktien von Elektrizitätsunternehmungen auf einen bedeutend niedrigeren Stand stabilisiert hat als der allgemeine Index der Aktienkurse. Und doch wurde der Absatz der elektrischen Energie stark gesteigert (Fig. 6).

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Photoelektrische, automatische Zählung der Besucher einer grossen Ausstellung.

621.383.9 : 681.124

Photozellen und Photoelemente¹⁾ werden in steigendem Masse in der technischen Praxis für die verschiedensten Zwecke verwendet. Im folgenden wird die Einrichtung beschrieben, welche an der Weltausstellung in Paris im Jahre 1937 für die Zählung der Ausstellungsbesucher mit Hilfe von Photoelementen und von Schaltelementen der automatischen Telefonie aufgebaut wurde.

Allgemeiner Aufbau der Anlage.

Bis jetzt war es allgemein üblich, für die Feststellung der Zahl der Besucher einer Ausstellung oder eines Museums Drehkreuze einzubauen, welche von jedem eintretenden Besucher um eine Vierteldrehung gedreht werden mussten und dabei über einen mechanischen Antrieb ein Zählwerk um einen Schritt weiter schalteten. An der Weltausstellung in Paris 1937 wurden die Besucher durch eine photoelektrische Vorrichtung gezählt und für jeden einzelnen der 35 Eingangsorte der Ausstellung fortlaufend summiert. Diese Zählwerke meldeten ihren Stand an eine Zentralstelle, wo für jeden der 35 Eingangsorte nochmals ein Zähler vorhanden war, der vom Zähler des betreffenden Eingangsortes ferngesteuert wurde. Ferner war an der Zentralstelle ein Summenzähler vorhanden, welcher im einen Zählwerk alle Besucher seit Eröffnung der Ausstellung und im andern alle Besucher eines Tages zählte.

Einrichtung für eine Eingangsöffnung.

Die Weltausstellung konnte an 35 Eingangsorten durch 170 Eintrittsöffnungen betreten werden. Die Zähleinrichtung war folgendermassen aufgebaut: An jeder Eingangsöffnung ist auf der einen Seite eine gerichtete Lichtquelle und auf der andern Seite ein Photoelement aufgestellt. Jede Unterbrechung des Lichtstrahles, welche länger als 250 Millisekunden dauert, bringt das Zählwerk der betreffenden Eingangsöffnung zum Ansprechen und schaltet es einen Schritt weiter. Die Einführung einer Mindestunterbrechungsdauer von 250 Millisekunden verhindert, dass kurze Unterbrechungen durch Spazierstücke, Schirme usw. gesondert als Eintritte gezählt werden. Die Lichtsperrre ist am ausstellungsseitigen Ende der 2 m langen und 70 cm breiten, durch die Billettkontrolleure bewachten Eingänge angebracht, so dass eine willkürliche Beeinflussung durch das vor den Eingängen der Ausstellung wartende Publikum nicht möglich ist. Die Sendelampe und das Photoelement sind in 70 cm Höhe angebracht, so dass sowohl doppelte Zählung Erwachsener (zweimalige Unterbrechung durch die beiden Beine eines Erwachsenen könnte sonst evtl. doppelt gezählt werden) verhindert, als auch eine sichere Zählung von Kindern gewährleistet ist. — Als Licht-

¹⁾ Photozellen und Photoelemente sind in Sewigs «Handbuch der Lichttechnik», wie folgt definiert: *Photozelle* ist eine auf dem äusseren lichtelektrischen Effekt beruhende Zelle, welche in einem evakuierten oder mit Edelgas gefüllten Glas- oder Quarzgefäß eine lichtempfindliche Kathode und eine Auffang-elektrode (Anode) hat. — *Photoelemente* (auch Sperrsichtzellen genannt) bestehen aus einem scheibenförmigen Metallträger (Eisen, Kupfer), einer aufgeschmolzenen oder aufgewachsene Halbleiterschicht (Selen, Kupferoxydul) und einer dünnen lichtdurchlässigen metallischen Gegenelektrode. Der Photoeffekt kommt durch Absorption der Lichtquanten in der Nähe der einen Grenzschicht zwischen Metall und Halbleiter zustande. Photoelemente werden durchwegs ohne Saugspannung betrieben.

Da Kanada eines der seltenen Länder ist, in denen die freie Wirtschaft beibehalten wurde und die privaten Elektrizitätsgesellschaften sich ohne staatliche Eingriffe entwickeln können, kann der Verlauf der in Fig. 10 dargestellten Kurven als barometrischer Fingerzeig für die Zukunftsaussichten der Elektrizitätsgesellschaften in Kanada und sehr wahrscheinlich auch anderswo gedeutet werden.

quelle werden Sonderlampen mit sehr konzentrierter Leuchtfadenanordnung und einer Leistungsaufnahme von 15 W bei 3 V verwendet. Durch eine spezielle Optik mit blauem Filter zur Verminderung der Sichtbarkeit des Lichtstrahles wird das Bild des Glühlafdens mit einer Lichtstärke von 200 Lux auf das 70 cm entfernte Photoelement projiziert. Jede Lampe hat ihren eigenen, an das Wechselstromlichtnetz angeschlossenen Transformator. — Als lichtempfindliches Element werden *Selenphotozellen* der Firma Le Matériel Téléphonique (LMT) verwendet, welche ohne äussere Hilfsquellen die Lichtenergie direkt in elektrische Energie umwandeln (Fig. 1).

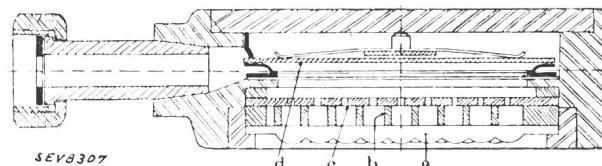


Fig. 1.

Schnitt durch eine photoelektrische Zelle.

- a Deckglas (bestehend aus zahlreichen Linsen)
- b Bienenwaben-Platte
- c Lochplatte
- d Photoelektrische Platte.

Die lichtempfindliche Schicht stellt den positiven Pol des Elementes dar. Der verwendete Typ hat einen Durchmesser von 67 mm und ergibt einen Strom von 1 Mikroamp. pro Lux. Das von der Glühlampe an kommende Licht muss vor dem Auftreffen auf die lichtempfindliche Schicht des Photoelements zuerst eine Optik passieren, welche bewirkt, dass nur die von der Sendelampe stammenden und senkrecht auftreffenden Lichtstrahlen die Zähleinrichtung beeinflussen können. Der Aufbau der Optik ist aus Fig. 1 ersichtlich. Das ankommende Licht muss zuerst durch das Deckglas a, welches aus vielen einzelnen kreisrunden Linsen besteht. Unter dem Deckglas befindet sich eine Platte b, welche entsprechend den Einzellinsen des Deckglases bienenwabenförmig durchlöchert ist. Die Kammer der Platte b werden gegen die lichtempfindliche Schicht durch die Lochplatte c abgedeckt. Jedes Linsenelement des Deckglases bildet mit der zugehörigen Öffnung der wabenförmigen Platte b und dem kleinen Loch in der Platte c eine kameraähnliche Einrichtung, welche auf die lichtempfindliche Schicht ein scharfes Bild des leuchtenden Fadens der Sendelampe wirft. Das Photoelement ist an eine Relaisanordnung angeschlossen, welche die durch die von den zuzählenden Besuchern hervorgerufenen Stromschwankungen des Photoelementes in Zählimpulse umwandelt. Die Schaltung ist aus Fig. 2 ersichtlich, welche das Schema für einen Eingang mit schwacher Frequenz (Nebeneingang) zeigt. Die Relaisanordnung besteht im wesentlichen aus dem galvanometrischen Relais Ar und dem mit einer Kurzschlusswicklung versehenen normalen Telephonrelais Br. Das Relais Ar zieht seinen Anker bei einem Strom von 100 Mikroamp. an. Da das Photoelement normalerweise 200 Mikroamp. gibt, so ist eine genügende Sicherheit gegen Spannungsschwankungen in dem die Sendelampe speisenden Wechselstromnetze und gegen eine allfällige Verstaubung der Optik des Photoelementes vorhanden. Wird die Beleuchtung des Photoelementes durch einen Besucher unterbrochen, so fällt ihr Strom auf Null, das Relais Ar schliesst seinen Kontakt und schaltet das Relais Br.