

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 77/78 (1921)
Heft: 4

Artikel: Das Chippawa-Queenston-Kraftwerk am Niagara der Hydro-Electric Power Commission of Ontario
Autor: Steiner, Ernst
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-37297>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

Die Geschwindigkeit c_0 ist die mittlere Rohrleitungsgeschwindigkeit und sie wird berechnet auf Grund der Beziehung:

$$c_0 L_{\text{ot.}} = i \sum_1^n (L_i c_i)$$

oder:

$$c_0 = \frac{i \sum_1^n (L_i c_i)}{i \sum_1^n (L_i)}$$

Wenn man nun diese Gleichung auf beiden Seiten mit $\frac{\pi}{4} D_i^2$ multipliziert, oder an Stelle von

$$c_i = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D_i^2}$$

einigen Umformungen zur Berechnung der Wassermenge folgende Beziehung:

$$Q_0 = \frac{1 \pm \left(1 - \frac{2L}{aT}\right) \sqrt{z}}{\left(1 - \frac{2L}{aT}\right)^2 z} (z-1) \frac{\pi g y_0 i \sum_1^n (L_i)}{4 a i \sum_1^n \left(\frac{L_i}{D_i^2}\right)} \quad (7)$$

Die Berechnung der Wassermenge mit Hilfe dieser Formel ist, wie man sieht, eine sehr komplizierte, und wenn man noch berücksichtigt, dass die einzelnen Grössen in der Formel nicht immer mit der wünschenswerten Genauigkeit ermittelt werden können, so darf man wohl sagen, dass die von Gibson vorgeschlagene Methode keinen Fortschritt in der Ausführung von Wassermessungen bedeutet.

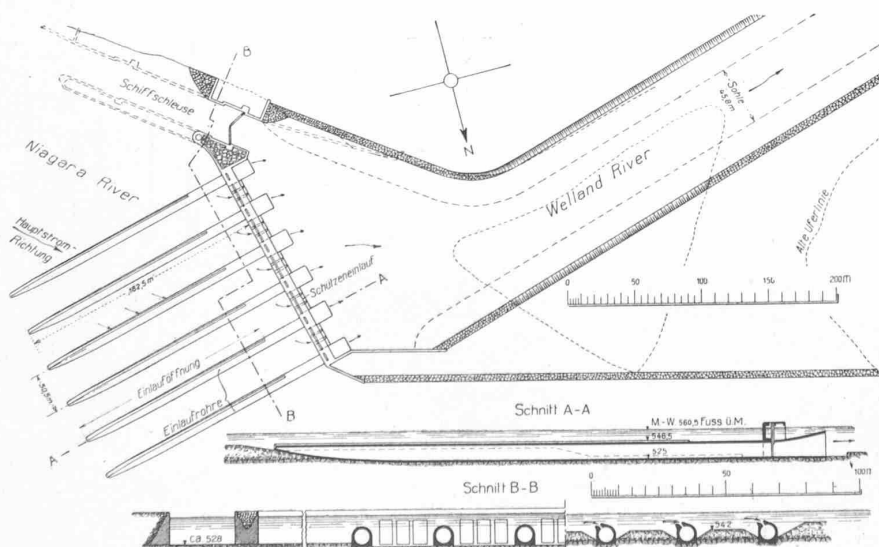


Abb. 8. Kanaleinlauf in Chippawa. — Grundriss 1:5000, Schnitte 1:2500.

In „Engineering News Record“ vom 17. März 1921 sind Versuchsergebnisse veröffentlicht, die mit der Methode von Gibson gewonnen wurden. Die Uebereinstimmung der Versuchsergebnisse zwischen den dort veröffentlichten Behältermessungen und den Messungen nach der Gibson-Methode ist eine überraschend gute, doch wird nicht mitgeteilt, wie diese Resultate gefunden wurden, d. h. wie die aufgenommenen Drucksteigerungs-Diagramme zur Bestimmung der Wassermengen Verwendung fanden. Da ohne

Kenntnis der Auswertungsmethoden, eine kritische Würdigung der gefundenen Resultate nicht möglich ist, empfiehlt es sich jedenfalls, die Methode von Gibson vorläufig noch zurückhaltend zu behandeln.¹⁾

Das Chippawa-Queenston-Kraftwerk am Niagara der Hydro-Electric Power Commission of Ontario.

Von Dr. Ing. Ernst Steiner, Solothurn.

(Fortsetzung von Seite 30).

4. Das Ausführungsprojekt.²⁾

Als günstigste Einlaufstelle für den Kraftkanal wurde die jetzige Einmündung des Welland-Flusses in den Niagara-Strom gewählt; sie liegt etwa 3 km oberhalb dem Niagara-Fall (Abb. 7). Nach den Gelände-verhältnissen ergab sich die Lage für das Maschinenhaus 1,3 km oberhalb der Hängebrücke von Queenston. Die Druckleitungsrohre erhalten hier eine Länge von 1,5 m auf den m Druckhöhe (beim „Erie-Jordan-Kanal“ 16 m auf den m Druckhöhe). Dem Projekte für einen offenen Kanal ist ein solches für einen Oberwasser-Druckstollen gegenüber gestellt worden. Nach einem Vortrage des Chef-Ingenieurs des Baues, Mr. H. G. Acres, M. E. J. C., Hydraulic Engineer der „Hydro“, kam man aus geologischen, bautechnischen und wirtschaftlichen Gründen zum offenen Kanal.³⁾ Dieser ist am besten im Stande, die Vorteile höherer als der minimalen Wasserstände am Einlauf auszunutzen.

Ein weiterer Grund spricht für den offenen Kanal: Er benützt auf 7,5 km Länge den Lauf des Welland-Flusses, der ein so geringes Gefälle besitzt, dass die Fließrichtung durch

Ausbaggern des Bettes umgekehrt werden konnte. Der Welland-Fluss durchfließt weiter westwärts das Welland-

¹⁾ Die Methode von Gibson ist auch beim Chippawa-Queenston-Kraftwerk zur Anwendung gelangt; darüber wird in der nachfolgenden Werkbeschreibung berichtet werden. Red.

²⁾ In allen nachfolgenden Zeichnungen sind die Höhenkoten ft. M. in engl. Fuss, alle andern Masse dagegen in Metermass angegeben.

³⁾ Siehe: „The Journal of the Engineering Institut of Canada“ Vol. III Nr. 9, Montréal, September 1920.

Das Chippawa-Queenston-Kraftwerk am Niagara der Hydro-Electric Power Commission of Ontario.

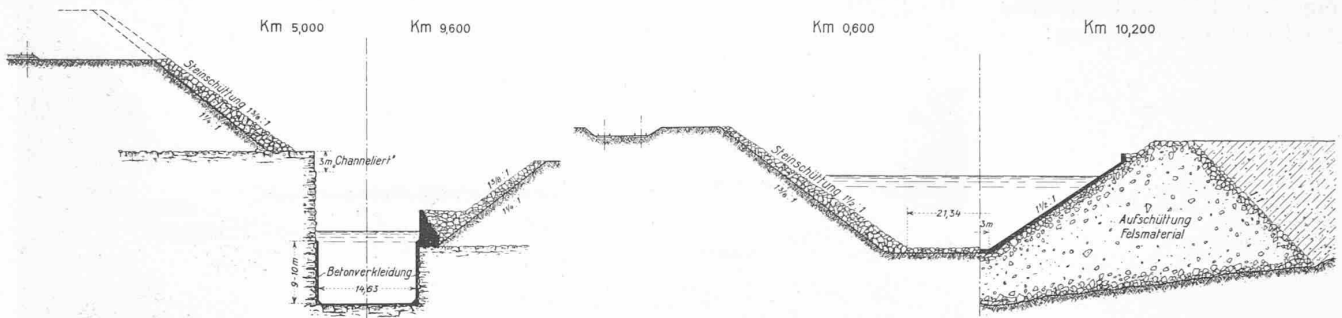


Abb. 10. Typische Querprofile der eigentlichen Kanalstrecke (vergl. nebenstehendes Längenprofil). — Masstab 1 : 1000.

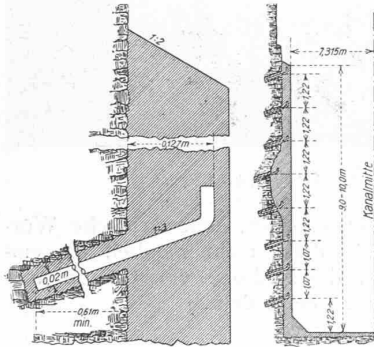


Abb. 11. Verankerte Betonverkleidung in der Felsstrecke des Kanals.

Welland-Flussstrecke. Das Sohlgefälle beträgt $0,119\text{‰}$, die Sohlenbreite 45,8 m; die Böschungen haben eine Neigung von 2 : 1. Die Welland-Fluss-Strecke folgt dem alten Flusslauf ziemlich genau und soll für die Schifffahrt benutzbar sein. Daher wurde nur eine Wassergeschwindigkeit von 0,9 m/sek zugelassen und die vorkommenden drei Brücken werden als Dreh- oder Klappbrücken ausgeführt.

Nach der Abzweigung des Kanals vom Welland-Flusslauf, folgt eine 1,9 km lange *Strecke in Erde*. Das Gefälle beträgt hier $0,121\text{‰}$; die Sohlenbreite 21,34 m, die Böschungen haben eine Neigung von $1\frac{1}{2}$: 1 und sind geschützt durch Steinschüttungen von 0,5 bis 1 m Stärke. Für die zwei ersten Strecken wurde in der Ganguillet und Kutter'schen Formel für den Rauigkeitsgrad $n = 0,035$ eingesetzt. Das in Ausführung begriffene Profil erschien im Vergleich mit andern u. a. darum als das günstigste, weil als Steinschüttung für die Böschungen Felsaushubmaterial aus dem Kanal verwendet werden kann.

Eine etwa 90 m lange Uebergangsstrecke führt von der zweiten zur dritten, der rechteckförmigen *Felsstrecke*. Diese hat eine Länge von 11060 m und wird durch die 750 m lange „Whirlpool-Strecke“ in zwei Teile geteilt. Der Fels hat fast durchwegs eine kiesig-lehmige Erdüberlagerung, deren Höhe zwischen 0,5 und 25 m variiert. Die Böschungen der Erdüberlagerung haben eine Neigung von $1\frac{3}{8}$: 1 und sind geschützt durch Steinschüttungen (Felsaushub). Der

Schiffskanalsystem (Abbildung 1, S. 28); ein offener Kanal kann somit auch aus diesem Kanalsystem frei werdendes Wasser aufnehmen.

Der in Ausführung begriffene Chippawa-Queenston-Kanal besteht aus vier verschiedenen Strecken (Abb. 9 und 10). An den Einlauf schliesst sich, als erster Abschnitt, die vorstehend schon erwähnte, 7,5 km lange

Kalkfelseinschnitt hat senkrechte Seitenwandungen und eine Sohlenbreite von 14,63 m. Diese Minimalbreite war notwendig, damit die grossen Bagger den Aushub besorgen können (Abbildung 12).

Der grösste Teil des benetzten Umfanges im Felsprofil ist mit Beton verkleidet. Die Sohle ist mit einer Ausgleichsschicht bedeckt und die Wandverkleidung hat eine minimale Stärke von 30 cm. Der Beton für die Verkleidung wird gegossen. Es kommt eine eiserne Schalung zur Verwendung, sodass kein Verputzen nötig ist. In die Felswand eingelassene Eisenstäbe verankern die Wandverkleidung (Abbildung 11). Mit Hilfe eines fahrbaren Gerüstturmes werden die Kanalwandungen zunächst nachgeputzt, indem vorspringende und gelockerte Teile weggeschlagen werden; die Arbeitsbrücken des Turmes werden mit Gegengewichten auf- und abwärts bewegt. Alle 30 m und überall dort, wo von aussen her Wasser auftritt, findet eine Entwässerung der Verkleidung durch Steinpackungen und Drainierröhren statt. Gewöhnlich soll das Wasser höher steigen als der Kanal verkleidet ist. Das Sohlgefälle der Felspartie beträgt $0,211\text{‰}$, der Rauigkeitsfaktor n wurde bis zur Höhe der Verkleidung zu 0,014 angenommen. Sobald das Wasser über die Verkleidung steigt, erhöht sich n bis zu 0,019.

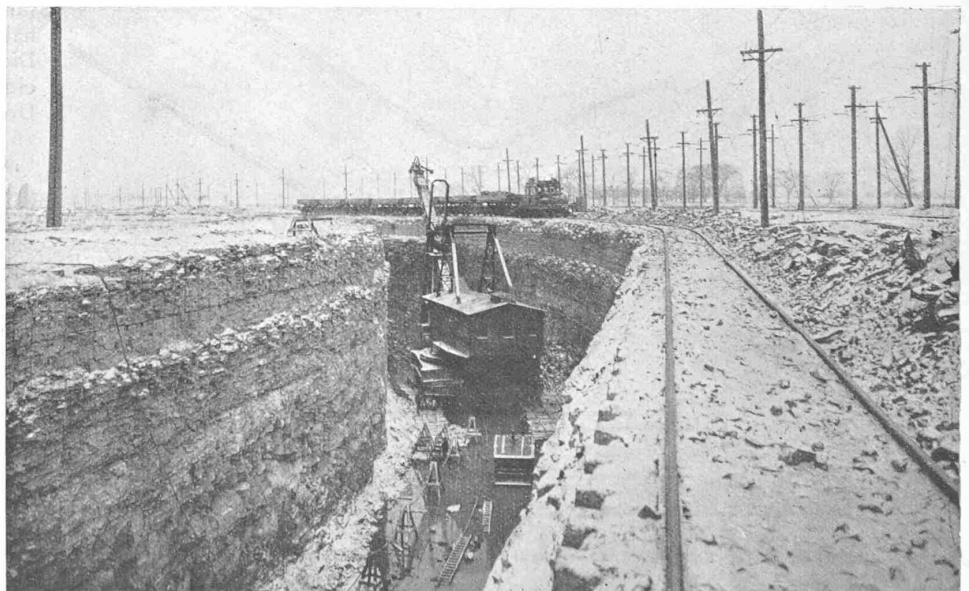


Abb. 12. Grosser Bagger in der Kanalkurve bei Km. 13,2. Erdüberlagerung des Kalkfelsens 0,3 m.

Die *Whirlpool-Strecke*, als viertes Teilstück, führt den Kanal vermutlich über einen alten, nunmehr aufgefüllten Wasserlauf des Niagarastromes. Die Sohlenbreite des Kanals beträgt hier etwa 3 m, die Böschungen sind mit $1\frac{1}{2}$: 1 geneigt. Die Betonverkleidung ist auf eine konstante Höhe hinaufgeführt und liegt auf einer seit zwei Jahren einge-

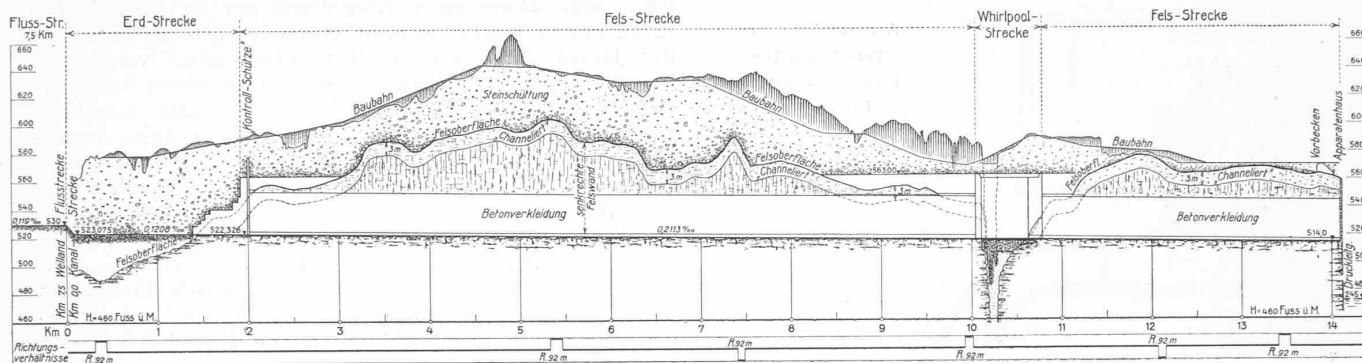


Abb. 9. Längenprofil des eigentlichen Kanales, von der Abzweigung vom Wellandfluss abwärts. — Längen 1:75 000, Höhen 1:1500.

brachten Auffüllung von Felsausbruch. Sorgfältig durchkonstruierte Uebergangsstrecken vermitteln am Anfang und am Ende der Whirlpool-Strecke den Anschluss an die senkrechten Wände der Felspartie.

Der Kanal weist fünf ausgesprochene Richtungsänderungen auf; die Bogen haben etwa 92 m Radius und zwar in jeder der beiden Kanalwandungen. Dieser Minimalradius wurde durch die Abmessungen der grossen Bagger bedingt (vergl. Abbildung 12).

In der Uebergangsstrecke vom Erd- zum Felskanal, etwa 2 km von der Abzweigung des Kanals vom Welland-Flussbett, ist eine *Abschlussvorrichtung* für das dahinter liegende, 12 km lange Kanalstück eingebaut. Sie besteht in einer einfachen Schütze von 14,65 m Breite und 13 m Höhe (Abbildung 13). Diese Schütze kann auf elektrischem Wege bis 4,3 m über den Wasserspiegel des Kanals aufgezogen werden, damit ein kleines Kontrollschiff unter ihr hindurch verkehren kann. Die Betätigung des Motors für die Bewegung der Schütze kann auch vom Maschinenhaus



Abb. 14. Stolleneingänge in der Stirnwand des Wasserschlosses.

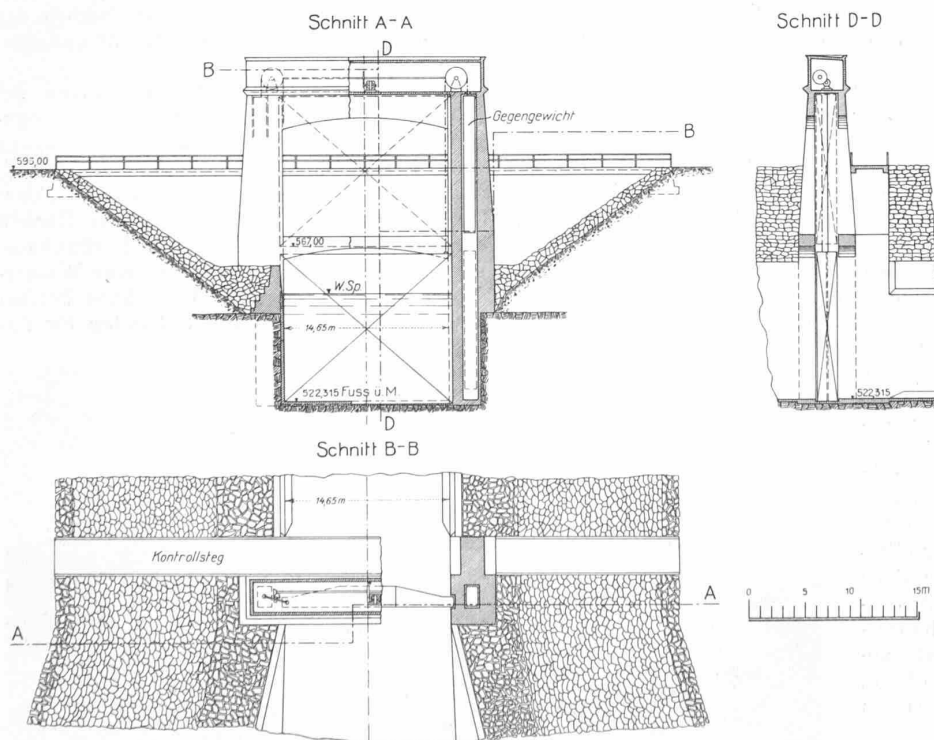


Abb. 13. Abschluss-Schütze bei Km. 2 der Kanalstrecke. — Masstab 1:600.

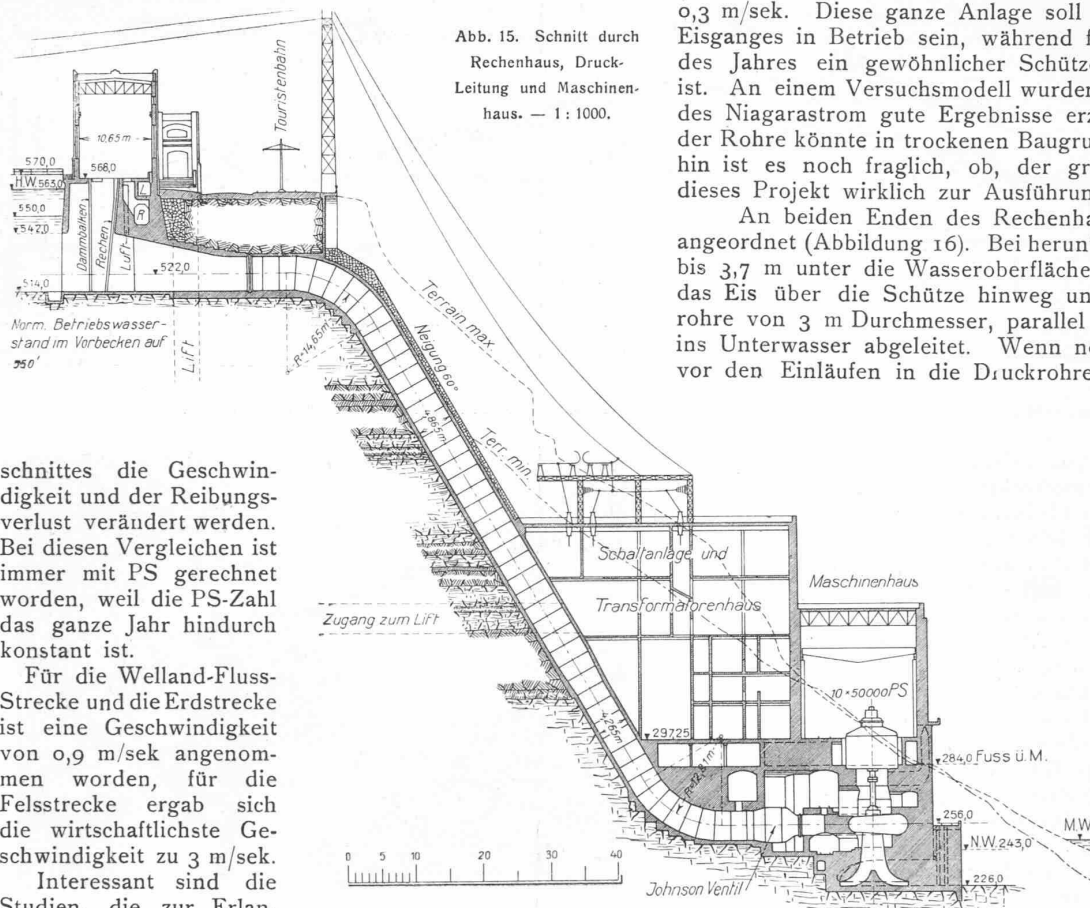
aus erfolgen. Untersuchungen haben ergeben, dass eine Doppelschütze mit Mittelpfeiler wirtschaftlich ungünstiger gewesen wäre.

Das Kanalende erweitert sich zu einem 300 m langen Vorbecken (Wasserschloss; Abb. 2, S. 29), das vor dem Rechenhaus eine Breite von 152,4 m hat. Kanal und Vor-

becken sind so bemessen, dass auch bei grösstmöglicher Aenderung der Belastung der Zentrale ein Ueberfluten ausgeschlossen ist. Die Felswand zwischen dem Rechenhaus und dem Absturz zum Niagara wird durch die Zuleitungen für die Druckrohre durchstossen; auf Abbildung 14 sind die Stolleneingänge ersichtlich.

Unter einer Neigung von 60° zur Horizontalen leiten die 137 m langen Druckrohre das Wasser auf die Turbinen. Durch die Saugkrümmen gelangt es direkt in den Niagara zurück (Abb. 15, Seite 46).

Auf die Bestimmung des günstigsten Kanalquerschnittes wurde sehr grosse Sorgfalt verwendet. Nachdem für verschiedene Wassergeschwindigkeiten verschiedene Kanalquerschnitte angenommen und für gleichmässige Wasserbewegung und Vollbelastung des Kanals die Gefälle errechnet worden waren, wurden die Reibungsverluste für einen mittleren Wasserstand am Einlauf ermittelt. Es ergaben sich dabei zwei Kurven, eine für den Kostenaufwand, die andere für die erzeugte Energie, als Funktion der Wassergeschwindigkeiten im Kanal. Hieraus ermittelte man eine dritte Kurve, die die Kostenzunahme pro PS veranschaulichte, wenn durch eine Veränderung des Kanalquer-



schnittes die Geschwindigkeit und der Reibungsverlust verändert werden. Bei diesen Vergleichen ist immer mit PS gerechnet worden, weil die PS-Zahl das ganze Jahr hindurch konstant ist.

Für die Welland-Fluss-Strecke und die Erdstrecke ist eine Geschwindigkeit von 0,9 m/sek angenommen worden, für die Felsstrecke ergab sich die wirtschaftlichste Geschwindigkeit zu 3 m/sek.

Interessant sind die Studien, die zur Erlangung eines betriebssicheren

Kanaleinlaufes bei Chippawa gemacht wurden. Alle Wasserkraftanlagen am Niagara-Strom werden durch die grossen Mengen Treibeis aus dem Erie-See unangenehm beeinflusst. Bei der gewählten Einlaufstelle in Chippawa ist der Niagara-Strom, bei einer Breite von etwa 2 km, nur 3 bis 5 m tief. Das Ableiten von grossen Wassermengen, ohne auch Treibeis mitzureissen, ist bei diesen Verhältnissen sehr schwierig. Ausser einem Schwimmbalken, wie er auf der amerikanischen Seite beim Einlauf des Kanals der N. F. Hydraulic Power Co. in Anwendung ist, kam eine ganz neue Einrichtung in Vorschlag. Die Wasserbauingenieure R. D. Johnson und M. P. Wahlmann, aus New York, schlugen vor, 150 m lange Rohre im Bette des Niagara-Stromes zu verlegen. Die Hauptstromrichtung soll diagonal über das Rohrsystem verlaufen (Abb. 8, S. 43). Durch besonders ausgebildete Oeffnungs-Schlitze, die ungefähr in Höhe der jetzigen Sohle des Niagara-Stromes liegen, soll das Wasser in die Rohre eintreten. Der Durchmesser der Rohre nimmt gegen den Einlauf hin zu, sodass die Geschwindigkeit im Fassungrohr vom einen Ende zum andern gleichförmig bleibt. Durch diese Anordnung wird das Wasser auf einer verhältnismässig grossen Grundfläche und Tiefe abgezogen, ohne Beeinflussung der obern, Eis führenden Wasserschichten. Es sollen sechs Rohre verlegt werden. Somit müssten pro Rohr rund 70 m³/sek dem Kanal zugeführt werden. Der Strom hat am Kanaleinlauf eine Geschwindigkeit von 1,2 m/sek; die Wassertiefe beträgt 4,6 m. Von der Wassermenge, die in der Sekunde über das ganze Röhrensystem fliesst, würde etwa $\frac{1}{3}$ abgezogen; die Geschwindigkeit am äussern Rande der Schlitze beträgt

0,3 m/sek. Diese ganze Anlage soll nur für die Zeit des Eisganges in Betrieb sein, während für den grössten Teil des Jahres ein gewöhnlicher Schützeinlauf vorgesehen ist. An einem Versuchsmodell wurden in einem Seitenarm des Niagara-Strom gute Ergebnisse erzielt. Das Betonieren der Rohre könnte in trockenen Baugruben erfolgen. Immerhin ist es noch fraglich, ob, der grossen Kosten wegen, dieses Projekt wirklich zur Ausführung gelangen kann.

An beiden Enden des Rechenhauses sind Eisablässe angeordnet (Abbildung 16). Bei heruntergelassener Schütze, bis 3,7 m unter die Wasseroberfläche im Vorbecken, wird das Eis über die Schütze hinweg und durch Eisenbetonrohre von 3 m Durchmesser, parallel zu den Druckrohren, ins Unterwasser abgeleitet. Wenn nötig, soll später quer vor den Einläufen in die Druckrohre ein Eisablenkbalken

eingebaut werden. Sollte auch diese Einrichtung nicht genügen, so will man später durch einen Eisablasskanal, tangential an die letzte Kanalkurve vor dem Vorbecken (Abb. 2, Seite 29) das Eis direkt in den Niagara-Strom abführen.

Der Einlauf für jede Druckleitung ist in drei Rechenfelder unterteilt (Abbildung 16). In jedem Rechenfeld sind zwei

Rechenrahmen. Die Lichtweite zwischen den Stäben des Rechens beträgt 12 cm, die grösste Wassergeschwindigkeit durch den Rechen 0,7 m/sek.

Die Hauptabsperrventile für die Druckleitungen befinden sich an deren untern Enden, in Form von sogenannten Johnson-Ventilen. Für den Fall des Versagens dieser Vorrichtungen und für die Entleerung der Druckrohre ist direkt vor dem Rechen ein Damm-balkenabschluss vorgesehen. Das Einsetzen der Balken und der Rechen erfolgt mit Hilfe eines elektrischen Laufkranes im Rechenhaus.

Jedes der 10 genieteten Druckrohre wird eine Wassermenge von rd. 50 m³/sek führen. Die Druckhöhe beträgt 93 m. Bei einer Abschlusszeit von drei Sekunden für das

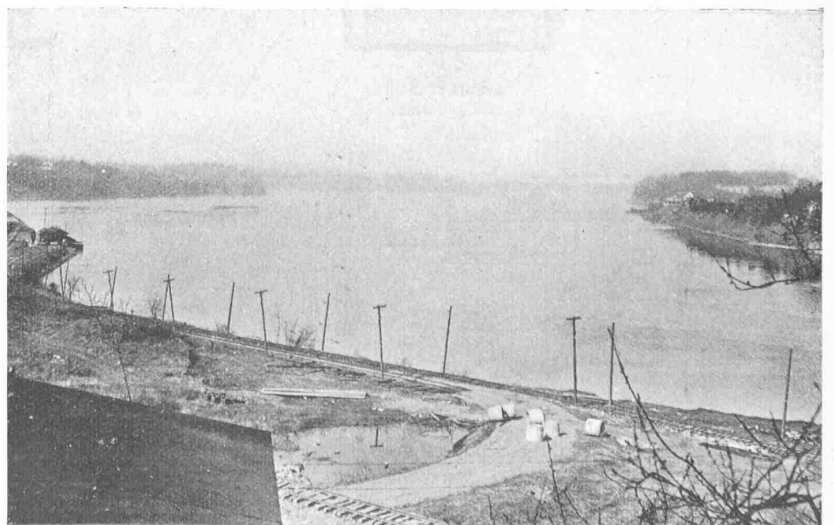


Abb. 17. Blick von der Rechenhaus-Baustelle stromabwärts. Anschluss der Baubahn an den Hafen von Queenston und die M. C. Ry.

Johnson-Ventil, ergibt sich am untern Ende der Druckleitung, eine Steigerung der Druckhöhe auf 106 m. Der günstigste Rohrdurchmesser ergab sich zu 4,6 m. Um für die Nietung bessere Verhältnisse zu erhalten, wurde für die zwei oberen Drittel der Leitungen ein Durchmesser von 4,87 m und für den untern Drittel ein solcher von 3,27 m gewählt.

Die Druckrohre sind für die Abstufung der Blechstärke in 13 Zonen eingeteilt. Die Blechringe haben im 82,5 m langen geraden Teil der Druckleitung eine Länge von 2,62 m. Die oberen vier Ringe bilden die erste Zone; sie haben eine Blechstärke von 1,27 cm. Von Zone zu Zone, von denen jede zwei bis sechs Ringe umfasst, nimmt die Blechstärke zu bis zu 3,18 cm.

Es treten die nachfolgenden Wassergeschwindigkeiten auf:

Hinter dem Rechen	0,49 m/sek
Druckleitung, 4,87 m Durchmesser	2,65 m/sek
Druckleitung 4,27 m Durchmesser	3,48 m/sek
Saugkrümmer oben	9,15 m/sek
Saugkrümmer unten	1,52 m/sek

Der Druckverlust durch Rechen, Druckleitung und Johnson-Ventil beträgt etwa 1 m. In der angewendeten Formel von Hazen und Williams ist für den Koeffizienten C der Wert 110 eingesetzt worden. Die Verluste in den Druckrohren sind durch die Ausführung gestossener Rundnähte mit nur äusserem Deckblech, verringert worden. Die Druckleitungen sind vollkommen in Beton von 45 cm Minimalstärke eingehüllt; Ausdehnungsfugen sind keine vorgesehen. (Forts. folgt.)

Wettbewerb der E.-G. Portland für Gussbeton-Häuser.

(Schluss von Seite 36.)

IV. Preis, Projekt Nr. 86. In sinnreich konstruierte Betonschalldielen, die einfach aufeinander gestellt werden können, wird Schlackenbeton eingegossen und dadurch jede Schalung erspart. Die zweckentsprechenden Grundrisse befriedigen besser als die Fassaden.

IV. Preis, Projekt Nr. 88. Bei diesem Projekte kommt nur die Variante in Betracht. Aeussere Betondielen und innere Schlackenplatten dienen als Schalung für den Schlackengussbeton; dadurch wird die Schalkonstruktion auf ein einfaches Gerippe reduziert. Der Grundriss des freistehenden Hauses ist nicht ganz einwandfrei.

V. Preis, Projekt Nr. 55. Dieses Projekt ist in architektonischer Beziehung gut. Es wurde prämiert wegen des Vorschlages, die innere Isolierung mit Zement-Torf-Platten auszuführen. Die Anregung, den einheimischen Torf in dieser Richtung zu verwenden, ist zu begrüßen. Die Isolierfähigkeit wäre noch durch Versuche abzuklären.

Folgende Projekte wurden aus nachstehenden Gründen zurückgestellt:

Projekt Nr. 3. Die Architektur ist nicht zweckentsprechend; die Isolierung wäre vorzüglich, aber das blosse Anbetonieren von Korkplatten auf der Aussenseite ist zu verwerfen.

Projekt Nr. 14. Das Aufstellen der Betonplatten als Schalung erfordert, um ebene Flächen zu erhalten, erhebliche, kostspielige Handarbeit. Die Verankerung mit Bandisen im Schlackenbeton ist ungeeignet. Im übrigen ist das Projekt nicht einwandfrei.

Projekt Nr. 31. Das Spritzbetonverfahren entspricht nicht ganz dem Wortlaut des Wettbewerbsprogramms. Die Isolierfähigkeit würde durch das Auffüllen der Hohlräume mit geeignetem Isoliermaterial verbessert. Die Erstellung der Rippen mit eingelegtem Drahtgeflecht wird etwas teuer werden. Die Anlage der Häuser ist gut. Ein Versuch des Spritzverfahrens wäre sehr zu begrüßen. Es wird sich wegen der kostspieligen Installation immerhin nur für grössere Baukomplexe eignen.

Projekte Nr. 35, 53, 75. System Löscher. Diese drei Projekte entsprechen zum Teil dem Programm nicht (Fenstermasse). Die Architektur ist nicht besonders auf die Gussbetonbauweise eingestellt und auch im übrigen wenig ansprechend. Dem als Isolier-

Das Chippawa-Queenston-Kraftwerk am Niagara der Hydro-Electric Power Commission of Ontario.

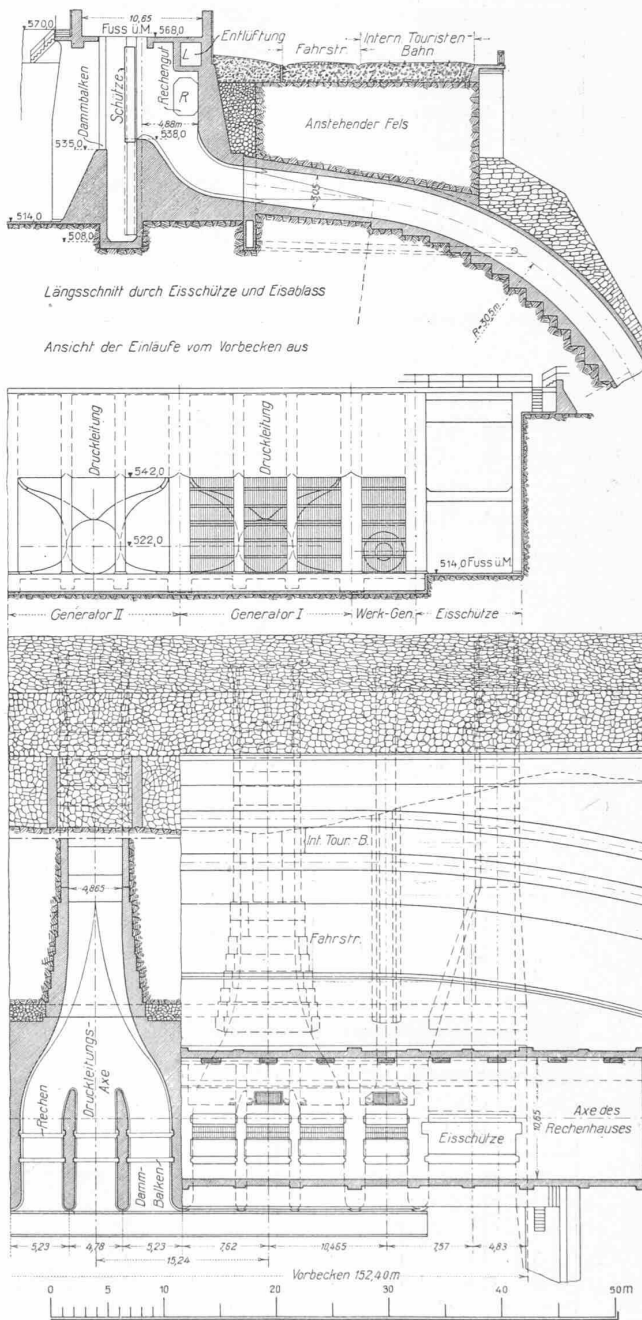


Abb. 16. Grundrisse und Schnitte des Rechenhauses mit Einlauf in die Druckleitungen; oben Schnitt durch Eisschütze und Eisablassrohr. Masstab 1 : 600.

material vorgeschlagenen Bimssand wird einheimisches Material vorzuziehen sein.

Projekt Nr. 63. Der Verfasser wählt auch für die Umfassungswände Holzbeton, für den in Bezug auf Tragfähigkeit und Wetterbeständigkeit unseres Wissens noch zu wenig Erfahrungen vorliegen. Der Vorschlag erscheint eines Versuches wert. Die vorgeschlagene Bauanlage ist auf Gussbetonhäuser zugeschnitten. Der Vorschlag, Betonhäuser farbig zu behandeln, ist beachtenswert.

Projekt Nr. 70. Grundriss gut. Aufbau architektonisch, speziell beim Reihenhause, unorganisch. Die Isolierung durch Schlackensteine, direkt auf relativ dünnen Kiesbeton, ist ungenügend.

Projekt Nr. 101. Grundriss und Aufbau gut und für Betonbau geeignet. Die Isolierung ist ungenügend und die Innenwand nicht nagelbar. Der Konstruktionsgedanke weist interessante neue Wege und spart die Schalung.