

# Die 5500 P.S. Turbinen der Niagara Falls Power Cie. und deren hydraulische Regulatoren: erbaut von Esche Wyss & Cie. in Zürich

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: Article

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Band (Jahr): 39/40 (1902)

Heft 7

PDF erstellt am: 04.05.2024

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-23322>

## Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Die 5500 P. S. Turbinen der Niagara Falls Power Cie. und deren hydraulische Regulatoren. — Wettbewerb für den Neubau der mittleren Rheinbrücke zu Basel. V. (Schluss.) — Miscellanea: Ueber die Leistungen japanischer Stahlwerke. Mazzas Centrifugal-Separator. Monatsausweis über die Arbeiten im Albula-Tunnel. Elektrische Kapazität des

menschlichen Körpers im Wechselstromkreise. Ausstellung von durch Alkohol betriebenen Maschinen und Vorrichtungen. Der neue Hauptbahnhof in Leipzig. Der Dom zu Meissen. Erste Ausstellung moderner dekorativer Kunst in Turin 1902. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung.

## Die 5500 P. S. Turbinen der Niagara Falls Power Cie. und deren hydraulische Regulatoren.

Erbaut von *Escher Wyss & Cie.* in Zürich.

In den Jahren 1890 bis 1893 hat nach einem Projekte von M. Evershed die Niagara Falls Power Cie. eine erste grössere rationelle Anlage zur Ausnutzung eines vorerst auf 50 000 P. S. bemessenen Teils der ungeheuern Energie der Niagarafälle durchgeführt. Damit war die Ausbeutung dieser gewaltigen Kraftquelle eingeleitet, denn die bis dahin an dem Falle vorhandenen Wasserwerksanlagen fielen im Vergleiche zu der Grösse der verfügbaren Kraft kaum in Betracht.

Der Niagarafluss weist in seinem Laufe zwischen Erie-See und Ontario-See ein Gesamtgefälle von im Mittel 99,36 m auf. Dasselbe verteilt sich auf den oberen Teil des Flusslaufes mit 1,83 m, die Stromschnellen unmittelbar oberhalb der Fälle mit 15,24, die Fälle selbst (auf der kanadischen Seite) mit 48,76, die Stromschnelle unter denselben mit 3,05 m und die weiterhin bis zum Ontario-See sich folgenden Schnellen mit 30,48 m. Der Niagarafall (Abb. 1, 2 und 3) teilt sich bekanntlich in die „kanadischen Fälle“, die 792,5 m breit sind und im Mittel 48,76 m Fall haben und die „amerikanischen Fälle“ die in einer Breite von 304,8 m im Mittel 51,5 m tief hinabstürzen. Die Gesamtbreite misst somit 1097,3 m. Das Einzugsgebiet des Stromes beläuft sich auf 620 000 km<sup>2</sup>. Darin bedecken die, das natürliche Reservoir des Niagaraflusses bildenden Erie-, Huron-, Michigan- und Oberer See eine Fläche von zusammen 235 000 km<sup>2</sup> und enthalten ein Wasservolumen von 25 000 km<sup>3</sup>, gross genug um ohne Niederschläge die Niagarafälle während 100 Jahren zu speisen. Diesem ungeheuern Sammelbecken entsprechend sind auch die Schwankungen des Wasserspiegels im Nia-



Abb. 2. Untere Ansicht des Niagarafalls.

garaffluss verhältnismässig gering. Schätzungen, welche über die durch den Fall dargestellte lebendige Kraft vorgenommen wurden, schwanken zwischen 7 und 15 Millionen P. S.

Bereits im Jahre 1725 wurde an dem Falle die erste Säge erstellt, der sich eine Reihe anderer Werke anschlossen,

die alle unterhalb der Fälle liegen und nur einen Teil des Gefälles von dem aus dem Flusse, oberhalb der Fälle abgeleiteten Wasser benutzten. Erst die Niagara Falls Power Cie. schritt in ihrer bereits erwähnten Anlage zur Nutzbarmachung fast des ganzen vorhandenen Gefälles. Der Ober-



Abb. 1. Der Niagarafall vom kanadischen Ufer aus.

wasserkanal, an dem die beiden Maschinenhäuser errichtet sind (Abb. 3 und 4 S. 72) d. h. sowohl jenes, das die erste Anlage für zehn Einheiten zu 5000 P. S. enthält, wie auch jenes der zweiten, in Ausführung begriffenen Anlage, liegt am amerikanischen Ufer, ungefähr zwei km oberhalb der Fälle. Er hat eine Länge von 500 m, ist 76 m breit und 3,5 m tief. Zur Aufstellung der Turbinen mussten den beiden Maschinenhäusern entsprechend zwei Schächte von 54 m Tiefe im Felsen ausgehoben werden, deren jeder durch einen seitlichen Stollen mit dem Hauptablauffunnel in Verbindung steht. Die Schächte und der Tunnel sind mit Mauerwerk verkleidet. Der Tunnel, der in einer Länge von 2100 m in gerader Richtung unter Niagara Falls City hindurchführt (Abb. 3) und etwa 300 m unterhalb der amerikanischen Fälle in den Fluss ausmündet, hat 6,8 m Höhe und 5,75 m Breite. Um ohne die Abmessungen noch grösser zu wählen dem Wasser freien Ablauf zu sichern, gab man dem Tunnel ein Sohlgefälle von 6 ‰ was auf die 2100 m Länge einen Gefällsverlust von 12,6 m darstellt. Bei gefülltem Profil entspricht dieses Verhältnis einer Wassergeschwindigkeit im Tunnel von 8 m.

Im Jahre 1900 beschloss die Niagara Falls Power Cie. nun auch die zweite Anlage auszubauen. Sie stellte dafür ein Programm auf, in dem möglichste Ausnutzung des ganzen Gefälles bis zum Unterwasserspiegel in Turbineneinheiten von 5500 P. S. bei 250 minutlichen Umdrehungen der Turbinen und verfügbarem Gefälle von 44 m bis 49 m, ferner möglichst geräuschloser Gang der Turbinen vorgeschrieben wurde.

Die Gesellschaft veranstaltete auch dieses Mal einen beschränkten Wettbewerb für die Konstruktion der Turbinen, sowie der Reguliervorrichtung an denselben und entschied sich für die von *Escher Wyss & Cie.* beantragte Anordnung, deren Projekt für die erste Anlage sich ebenfalls seitens des damals amtierenden Preisgerichtes besonderer Anerkennung zu erfreuen gehabt hatte. Die Ausführung wurde genannter Firma in der Weise übertragen, dass die Turbinenräder und die Regulatoren in deren Werkstätten

in Zürich, die übrigen Teile der maschinellen Einrichtung nach den Konstruktionsplänen der Firma in Amerika erstellt werden sollten.

Wie aus der Abbildung 7 (S. 70) zu ersehen ist, enthält die zur Anwendung gebrachte Francisturbine nur ein einziges

durch ein vertikales Druckrohr von 2,27 m Durchmesser nach unten geleitet (Abb. 5 und 6) und durch einen Krümmer dem Turbinengehäuse zugeführt.

Der Krümmer selbst ist aus Gusseisen, entsprechend versteift und ruht mit zwei seitlichen Füßen auf Trägern, die in der Mauer verankert sind und auf diese Weise zugleich das ganze Gewicht des vertikalen Rohres samt dem Wasserdruck aufnehmen. In seinem oberen Teil ist jedes Rohr durch Fallenzüge verschliessbar. Das Turbinengehäuse (siehe Abb. 7) ist so ausgebildet, dass die Turbine selbst der Höhe nach in die Mitte zu liegen kommt, welche Anordnung das Eindringen von Steinen u. dgl. in das Rad verhindern soll. Die Steine können sich auf dem Grund des Gehäuses sammeln und werden dann von Zeit zu Zeit durch einen besonderen Entleerungsschieber nach unten entfernt, dessen Lage aus den Abbildungen 5 und 6 ersichtlich ist.

Das Leitrad wurde aus einem Stück gegossen und in Manganbronze ausgeführt. Es ist auf den unteren, zu einem Saugrohr ausgebildeten Teil des Gehäuses aufgeschraubt. Der ebenfalls aus Manganbronze hergestellte Laufradkranz ist mit der gusseisernen Nabenscheibe durch kräftige Bolzen verschraubt. Der Leitrad- und Gehäusedeckel trägt in der Mitte ein nachstellbares Führungslager, sowie zwei Führungssupports für die Regulierstangen. Unter dem Turbinengehäuse verteilt sich das Ablaufwasser in zwei Saugrohre, die in die Seitenmauern des Schachtes einbetoniert sind, bis in das Unterwasser hinabreichen und in dasselbe schief zur Stromrichtung ausmünden. Diese Anordnung der zwei seitlichen Saugrohre hat den grossen Vorteil, dass dadurch jegliche Verengung des Ablaufstollens sowie Stauung des Unterwassers vermieden wird.

Die Regulierung erfolgt durch eine vertikal bewegbare Ringschütze, die im Spalt zwischen Lauf- und Leitrad angebracht und durch ein ausbalanciertes Gestänge derart mit dem weiter unten beschriebenen Regulator verbunden ist, dass die lange vertikale Stange immer auf Zug beansprucht wird.

Analog der für die erste Anlage gewählten Ausführung ist auch hier die 40 m lange aufrechte Welle als Rohr ausgebildet und nur deren in den Führungslagern laufende Teile massiv hergestellt. Entsprechend den oberen drei Führungslagern sind also auch drei Wellenrohre übereinander angeordnet, die mit den massiven Wellenstücken jeweilen durch konische Kuppelungen verbunden sind. Die Führungslager sind ebenso verstellbar, wie das Lager über dem Turbinengehäuse und ruhen mit starken versteiften Platten auf Blechbalkentraversen.

Die Welle endigt oben in einen Tragzapfen, der in Abb. 7 (S. 70) besonders dargestellt ist.

Das Ringspurlager des Tragzapfens ist selbsttönd und die Schmiernuten sind für diesen Zweck besonders angeordnet worden. Um aber bei der hohen Umdrehungszahl von 250 in der Minute die Belastung der Ringspur möglichst zu verringern, wurde unter der Turbine noch eine Ent-

### Die 5500 P.S.-Turbinen der Niagara Falls Power Cie.

Erbaut von Escher Wyss & Cie. in Zürich.

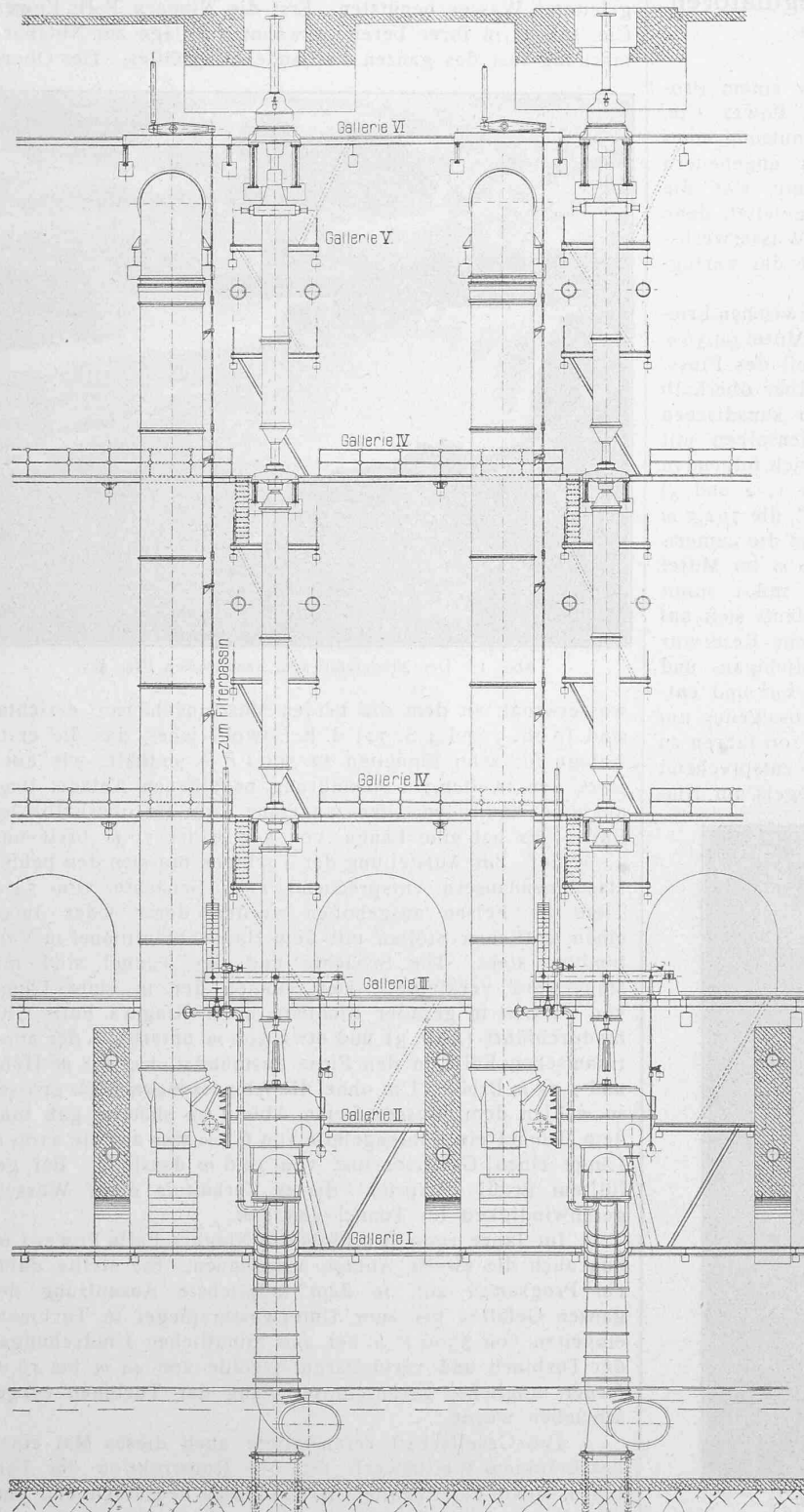


Abb. 5. Turbineneinbau. — Längsschnitt durch den Turbinenschacht. 1:250.

Laufrad von 1600 mm Durchmesser, was die Anordnung der übrigen Teile der Turbine sowie der ganzen Regulierung zu einer sehr einfachen gestaltet. Das Wasser wird

worden. Um aber bei der hohen Umdrehungszahl von 250 in der Minute die Belastung der Ringspur möglichst zu verringern, wurde unter der Turbine noch eine Ent-

lastungsscheibe disponiert, die das nötige Druckwasser aus einem besonderen Reservoir erhalten kann, sodass die Spur schon beim Anlaufen entlastet ist. Die Anordnung dieser Entlastungsscheibe samt Führungslager ist aus dem unteren Teil der Abb. 7 ersichtlich.

Die Spurringe sind des bequemen Auswechsels halber zweiteilig und gegen Verschiebung gesichert. Die Mutter kann durch eine Gegenmutter und einen Arretier-Keil genau eingestellt werden, sodass die Höhenlage des Laufrades gegenüber dem Leitrad genau festgelegt ist. Zur konstanten Abkühlung des Oeles dient eine in der Oelkammer angeordnete Kühlschlange, in welcher fortwährend frisches Wasser zirkuliert. Das ganze Spurlager ruht solid auf zwei entsprechend starken Blechbalken, die zugleich den obersten Zwischenboden tragen. Solcher Zwischenböden sind im ganzen sechs, entsprechend den Verstärkungstraversen des Turbinenschachtes. (Abb. 6.)

Unter der Ringspur ist noch eine Bremse angebracht, um gegebenen Falles die Maschine rasch anhalten zu können.

Der in den Abb. 8 und 9 (S. 70) dargestellte *Regulator* ist ein Oeldruckregulator mit Servomotor nach Patenten der Firma Escher Wyss & Cie. Die oben erwähnte Ausbalancierung des Gestänges bewirkt durch die nochmalige Anordnung eines zweiarmigen Hebels unter dem Regulator einen Druck auf den Servomotorkolben desselben, der nur die Turbine zu öffnen hat während das Schliessen durch das Balanciergewicht und durch das Eigengewicht der Regulierschütze erfolgt. Unter dem Regulierventil ist noch ein elektrisch bethätigtes Ventil angeordnet, das den Zweck hat, die Turbine vom Schaltbrett aus sofort schliessen zu können. Mittels Handrad und entsprechender Uebersetzung kann die Turbine auch von Hand reguliert werden.

Die Abb. 9 zeigt den Regulator nach einer photographischen Aufnahme.

Die Ergebnisse der ersten mit diesen Regulatoren in der bestehenden Anlage am Niagara veranstalteten Proben sind über alle Erwartungen günstig ausgefallen. In den Abb. 10 bis 14 (S. 71) sind die dabei erhaltenen Original-Diagramme wiedergegeben. Die oberen Diagramme (Abb. 10 und 11) zeigen die Geschwindigkeitsschwankungen bei plötzlichen Belastungsänderungen. So betrug z. B. die momentane Tourenänderung beim plötzlichen Ausschalten von 5000 P. S. laut diesem Diagramm nur 3,8 %.

Die unteren Diagramme sind noch interessanter; sie zeigen in augenfälliger Weise die Ueberlegenheit des hydraulischen Regulators über den mechanischen.

Die Abb. 12 zeigt die Geschwindigkeitsänderungen von fünf parallel geschalteten Maschinengruppen, deren jede von einem mechanischen Regulator reguliert war, zusammen also 25 000 P. S., die sog. „Niagara load“, die in den dortigen

Etablissements Verwendung findet für Carbid-, Aluminium- und Carborundumwerke u. s. w.

Nun wurde noch eine sechste, mit dem neuen hydraulischen Regulator von Escher Wyss & Cie. versehene Gruppe zugeschaltet, wodurch die Geschwindigkeitsvariationen

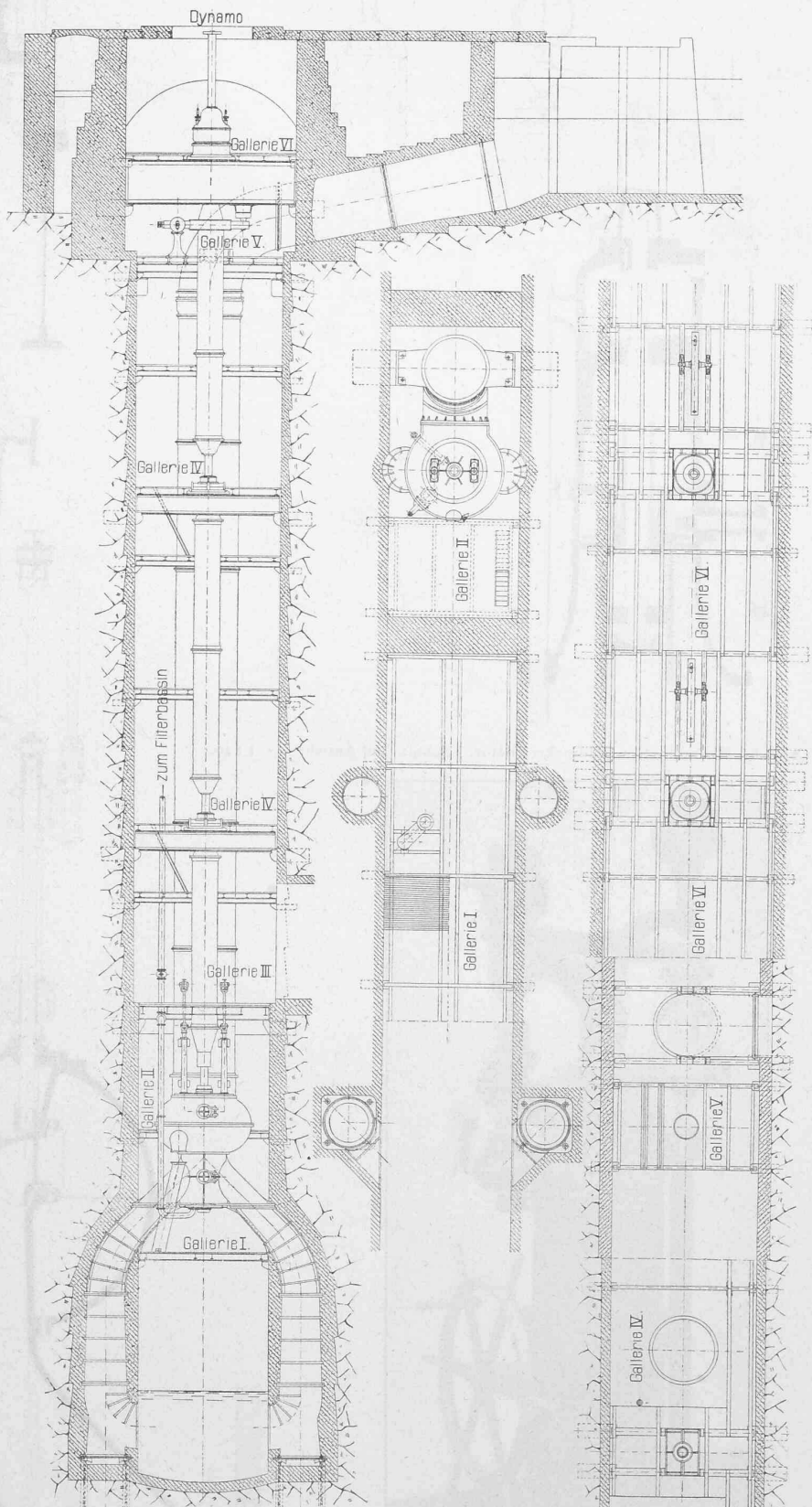


Abb. 6. Querschnitt des Turbinenschachtes und Grundriss der Zwischenböden. 1:250.

ganz bedeutend ermässigt wurden, wie das nächste Diagramm (Abb. 13) zeigt. Der neue Regulator glich mit der sechsten Maschine alle bis 5000 P. S. vorkommenden

Die 5500 P. S.-Turbinen der Niagara Falls Power Cie.  
und deren hydraulische Regulatoren.  
Erbaut von *Escher Wyss & Cie.* in Zürich.

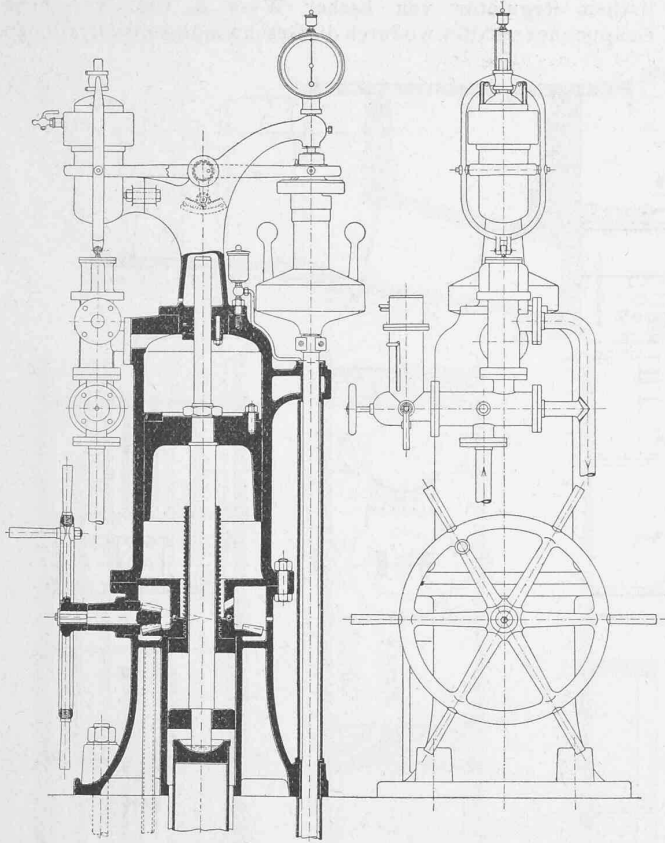


Abb. 8. Hydraulischer Oeldruckregulator. Schnitt und Ansicht. — 1:20.

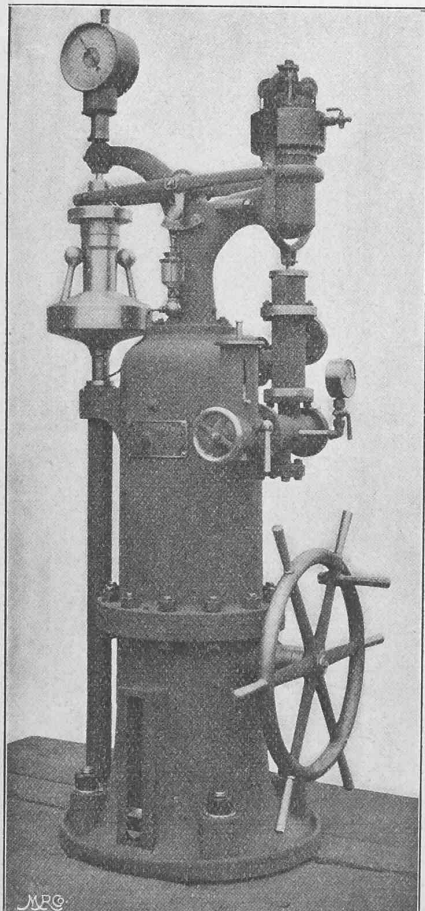
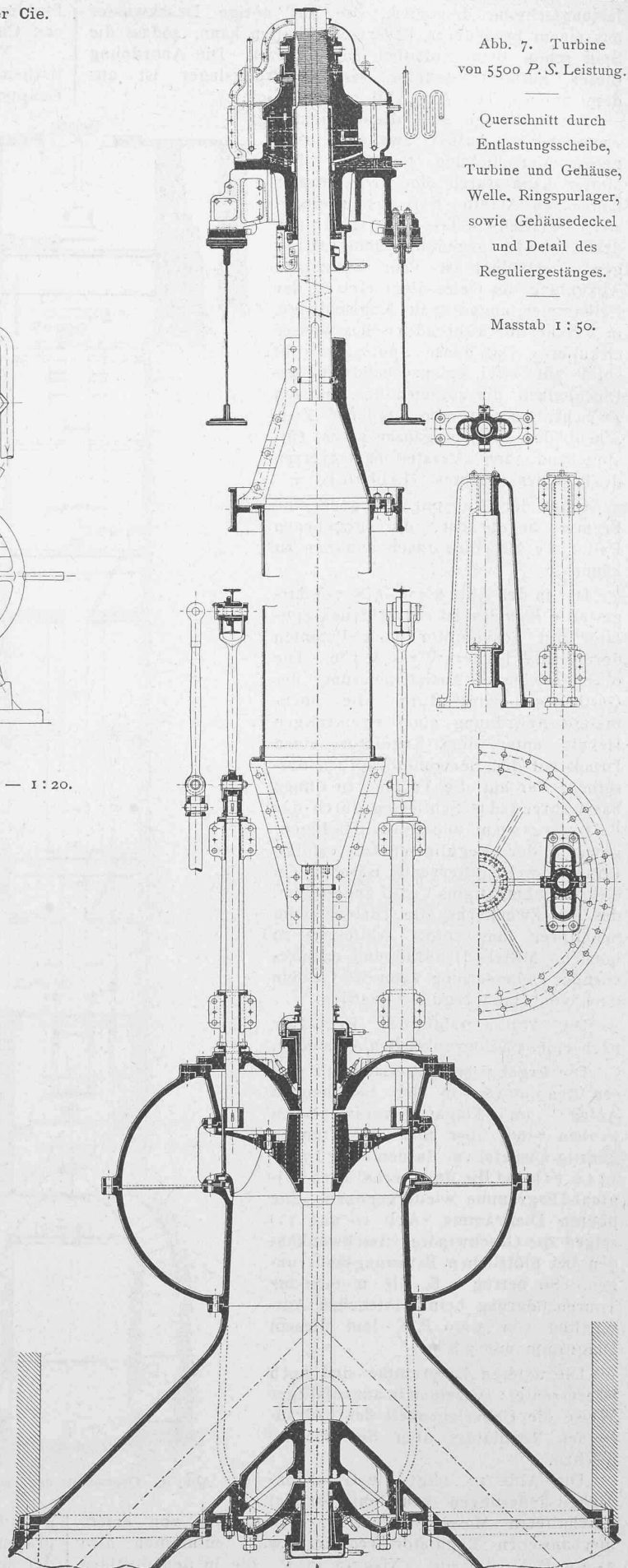


Abb. 9. Oeldruckregulator Patent Escher Wyss & Cie.

Abb. 7. Turbine  
von 5500 P. S. Leistung.

Querschnitt durch  
Entlastungsscheibe,  
Turbine und Gehäuse,  
Welle, Ringspurlager,  
sowie Gehäusedeckel  
und Detail des  
Reguliergestänges.

Masstab 1:50.



Die 5500 P. S.-Turbinen der Niagara Falls Power Cie. und deren hydraulische Regulatoren.  
 Erbaut von Escher Wyss & Cie. in Zürich.

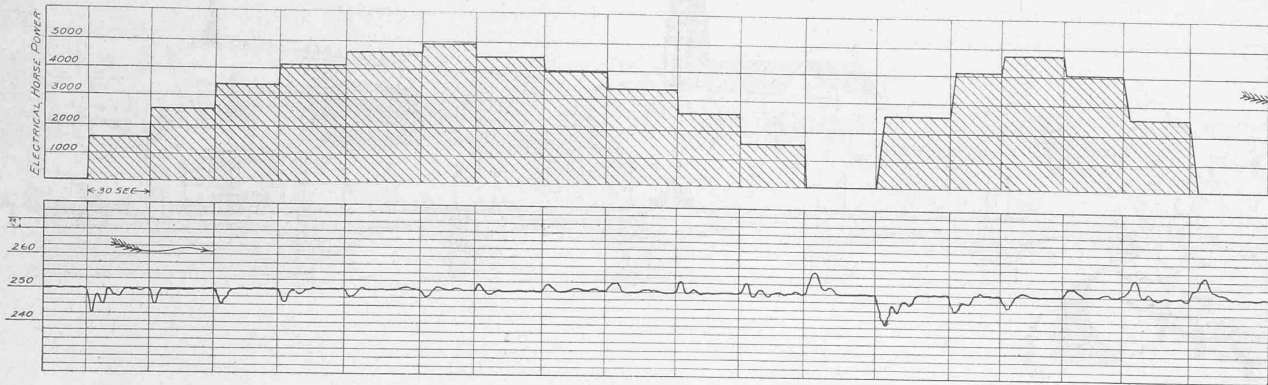


Abb. 10. Diagramm der Geschwindigkeitsänderung bei Schwankungen der Belastung von 0 bis 5000 P. S.

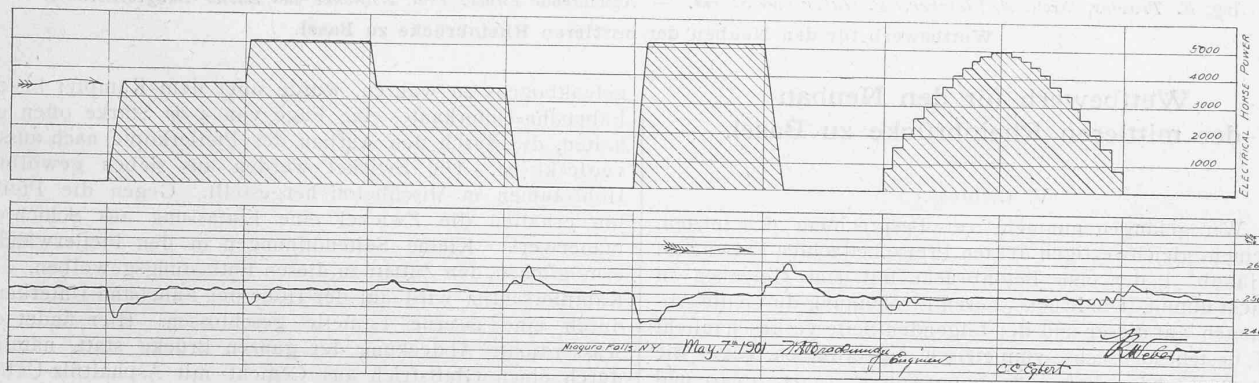


Abb. 11. Diagramm der Geschwindigkeitsänderung bei Schwankungen der Belastung von 0 bis 5000 P. S. (Forts.)

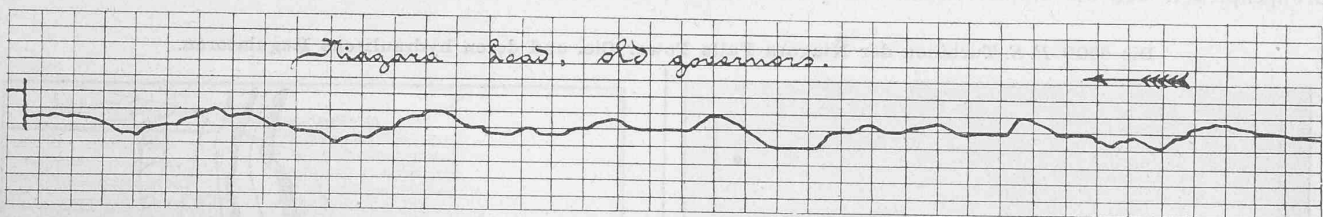


Abb. 12. Geschwindigkeits-Schwankungen von fünf parallel geschalteten Maschinengruppen, deren jede von einem mechanischen Regulator beeinflusst ist.

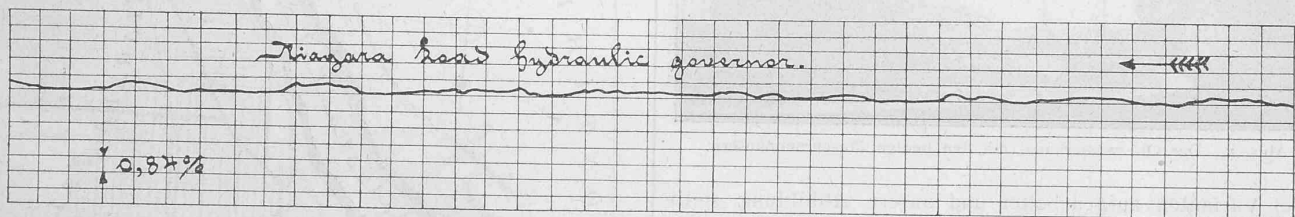


Abb. 13. Geschwindigkeits-Schwankungen von sechs parallel geschalteten Maschinengruppen, von denen eine durch hydraulischen Regulator beeinflusst ist.

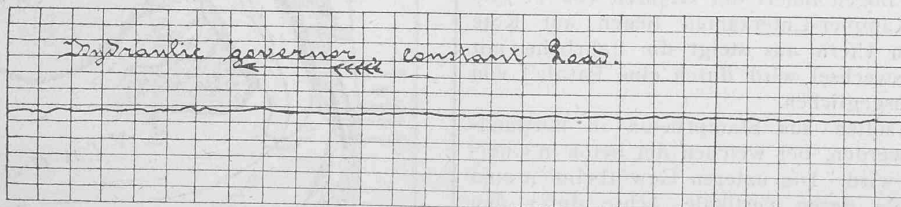


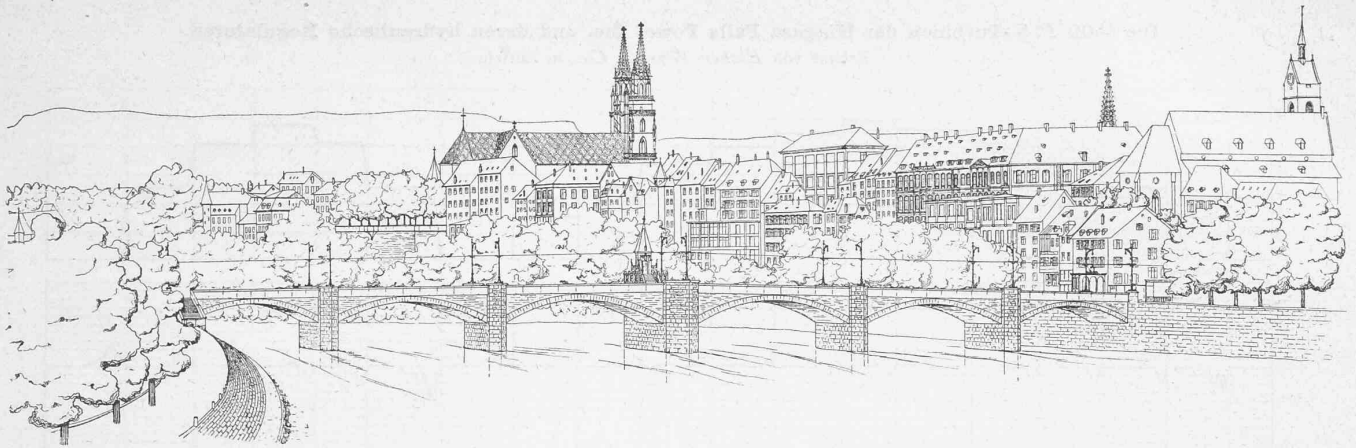
Abb. 14. Diagramm einer nur durch hydraulischen Regulator beeinflussten Gruppe.

Belastungsänderungen allein aus, die mechanischen Regulatoren ganz ausser Funktion setzend.

Bei konstanter Belastung endlich verläuft das Diagramm der Tourenzahl nahezu als gerade Linie (Abb. 14). Diese glänzenden Resultate haben die Niagara Falls Power

Cie. bewogen, noch mehr solcher Regulatoren zu bestellen.

Wir fügen bei, dass auf dem kanadischen Ufer jetzt eine neue Anlage durch die „Canadian Niagara Power Cie.“ in Ausführung begriffen ist, für welche Turbineneinheiten von 10 000 P. S. in Aussicht genommen sind.



III. Preis (ex aequo). — Motto: «St. Jakob» I. — Verfasser: Prof. C. Zschokke in Aarau, Basler Baugesellschaft in Basel, Ing. E. Travlos, Arch. A. Visscher, P. Huber und Sturm. — Ausführende Firma: Prof. Zschokke und Basler Baugesellschaft.  
Wettbewerb für den Neubau der mittleren Rheinbrücke zu Basel.

### Wettbewerb für den Neubau der mittleren Rheinbrücke zu Basel.

V. (Schluss.)

Wir gelangen nunmehr zur Besprechung des letzten, mit einem gleichwertigen dritten Preise bedachten Entwurfes: „St. Jakob“ I, der eine Betonbrücke mit drei Gelenken in Aussicht nimmt. Die Brücke, deren Erscheinung durch die Abbildungen auf dieser und der folgenden Seite veranschaulicht wird, besteht aus sechs symmetrisch angeordneten, gegen die Mitte wachsenden Bogenöffnungen von je 23,95, 26,40 und 28,60 m Weite. In der Mitte steht der monumental ausgebildete Gruppenpfeiler, der die Kapelle trägt. Es wurden hiefür

gelenkbogens zu wahren, wurde über dem Kämpfer bis zur Fahrbahn-Unterkante eine Fuge von 4 cm Stärke offen gehalten, die durch den Aufbau der Pfeilerköpfe nach aussen verdeckt ist. Die Zwickel werden aus sieben gewölbten Hohlräumen in Mischbeton hergestellt. Gegen die Pfeiler hin erhalten die Zwickel eine Einfassung aus Schichtenmauerwerk. Kleine Seitenöffnungen in den Pfeilerwänden ermöglichen den Zutritt zu diesen Entlastungsgewölben. Der Kämpferschlitz wird auf der Höhe der Fahrbahn-Unterkante durch eine eiserne Lamelle geschlossen. Hier findet die wasserdichte Abdeckung der ganzen Brücke statt, nämlich durch einen Glattstrich aus Cement mit Asphaltfilz-Ueberdeckung. Ueber diese Asphaltfilzlage kommt eine 15 bis 20 cm starke Sandschicht, darüber magerer Beton in Quer-

### Die 5500 P. S.-Turbinen der Niagara Falls Power Cie. und deren hydraulische Regulatoren.

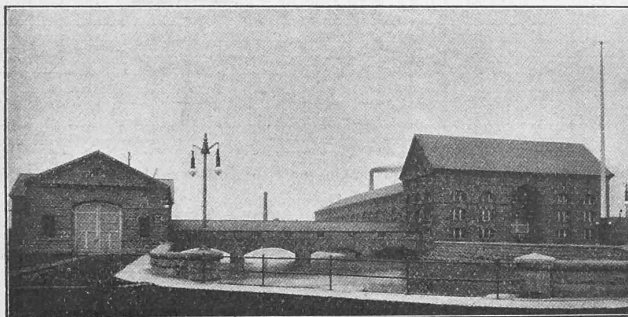


Abb. 4. Der Oberwasserkanal mit den beiden Maschinenhäusern.

zwei Varianten ausgearbeitet und unsere Abbildung stellt die vom Preisgericht bevorzugte Anordnung dar.

Bei dem vorliegenden Entwurf bewegt sich das Verhältnis von Pfeil zu Bogen innert der Grenzen von 1:7,08 bis 1:8,35. Die Kämpfer-Unterkanten liegen auf Kote +5,10. Von beiden Ufern aus steigt die Fahrbahn mit 2 % und der Gefällswechsel wird durch eine Parabel von etwa 35 m Länge ausgeglichen.

Die Gewölbe sollen aus Stampfbeton in Portland-Cement hergestellt werden, bei welchen der Beton in Querstreifen aufgebracht wird. Die unteren Gewölbelinien sind quadratische Parabeln deren vertikale Achse durch den Gewölbescheitel geht. Die sichtbaren Bogen, die abweichend von der inneren Form des Gewölbes nach dem Kämpfer zunehmen, sowie auch die Zwickel, bestehen aus Granit- oder Sandstein-Quadern. Am Scheitel und am Kämpfer sind die Gewölbe auf die ganze Breite mit Wassener Granitquadern eingefasst, die zum Auflager der Stahlgelenke dienen. Zwischen den Gelenken und dem Granit liegt eine antimonhaltige Bleiplatte. Um den Charakter eines Drei-

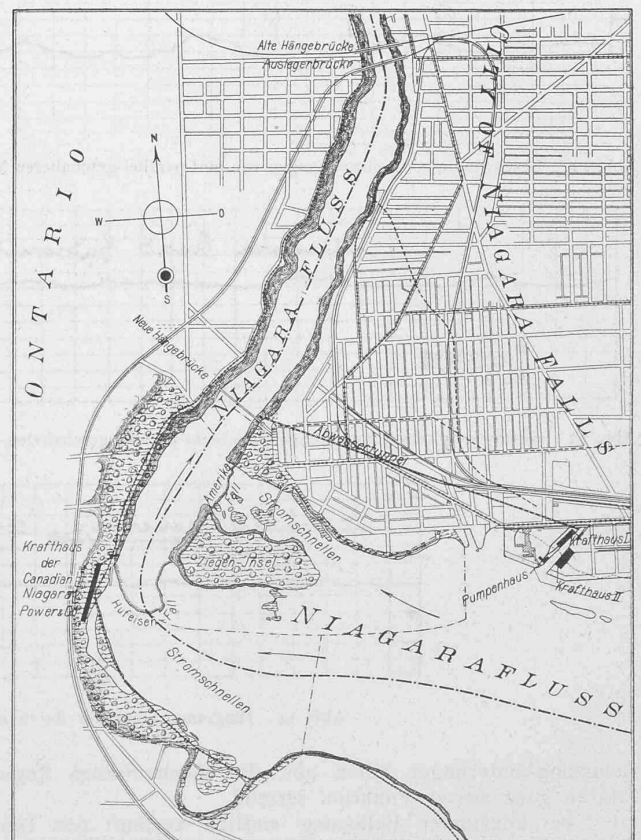


Abb. 3. Lageplan des Niagara-falls. — Masstab 1:40000.