Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 81/82 (1923)
Heft: 26

Artikel: Das Kraftwerk Ritom der S.B.B.
Autor: Habich, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-38931

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

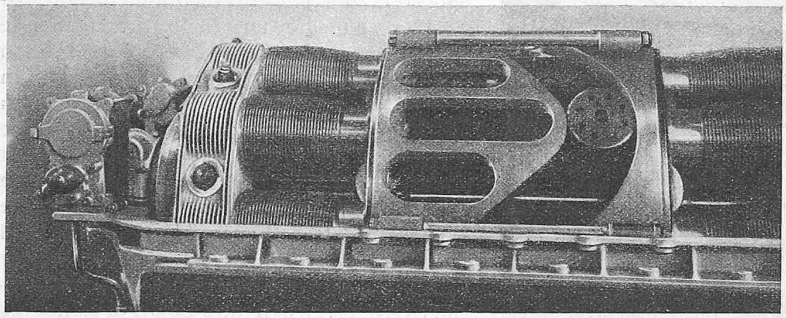
Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans 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: 28.12.2025

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

und zugleich empfindlichsten Motorteil, die übliche mehrfach gekröpfte Kurbelwelle, zu umgehen weiss. Die Anordnung ist folgende: Zwei Trommeln mit je acht achsial angeordneten luftgekühlten Zylindern rotieren gemeinsam mit der Luftschraube und sind in einem dazwischen liegenden feststehenden Teil in Kugeln gelagert. In je zwei paarweise hintereinander liegenden Zylindern der beiden Trommeln schwingt ein gemeinsamer Stangenkolben, der in der Mitte eine kräftige Rolle trägt. Diese Rolle läuft in einer Kurvenbahn des feststehenden Gehäuses und bewirkt so die Rotation der Trommeln. Zwecks Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades wird langer Hub und



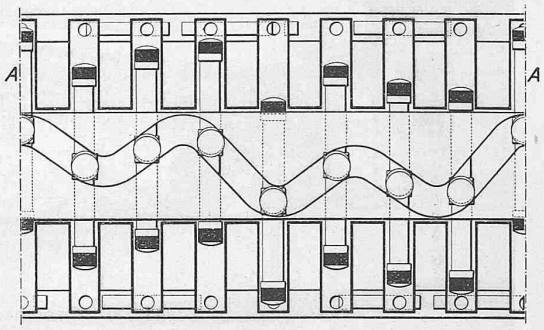


Abb. 6 und 7. Trommel-Umlaufmotor von Edouard Laâge, 300 PS bei 1200 Uml/min. — Ansicht und Abwicklung.

Sechstaktverfahren angewandt, was auch die Kühlung begünstigt. Der Versuchsmotor hat bereits während eines 50-stündigen Dauerlaufes seine Brauchbarkeit erwiesen, indem er bei 1200 Uml/min rund 300 PS leistet und dabei nur 270 kg wiegt. Auch die hier angewandte Ringschieber-Steuerung nimmt durch ihre geniale Einfachheit ein.

Schliesslich hat ein Konstrukteur namens *Clément* auf Veranlassung von Herrn Rateau versucht, einen leichten Kleinflugmotor zu bauen, was ihm auch ganz gut gelungen sein dürfte. Der ausgestellte Zweitaktmotor mit zwei gegenüberliegenden Zylindern wiegt mit Magnet 9,3 kg und soll

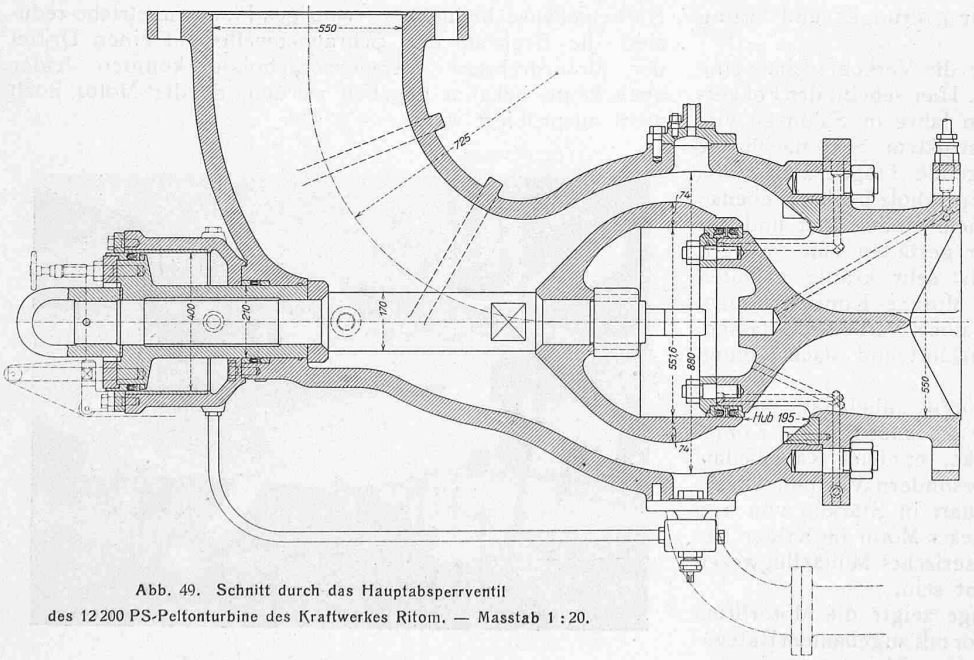


Abb. 49. Schnitt durch das Hauptabsperrventil des 12 200 PS-Peltonturbine des Kraftwerkes Ritom. — Masstab 1 : 20.

bei 3000 Uml/min rund 7,5 PS leisten. Dabei besteht das ganze Motörlein aus etwa 15 Teilen und kann in betriebsbereitem Zustand in der Tasche mitgenommen werden. Hoffen wir, dass bald ein Flugzeug herausgebracht werde, das mit dieser Leistung vom Boden wegkommt. Dann wäre allerdings der Traum Santos Dumonts, das „Volksflugzeug", verwirklicht. *H. Schmid.*

Das Kraftwerk Ritom der S. B. B.

III. Mechanisch-elektrischer Teil.

Von dipl. Ing. *H. Habich*, S. B. B., Bern.

(Fortsetzung von Seite 308.)

Die *Regulierung der Turbine* ist in Abbildung 48 veranschaulicht. Sie wird von einem mit Riemen angetriebenen, in vollständig geschlossenem Gehäuse drehenden Fliehkraftpendel A eingeleitet, das mit einem ebenfalls drehenden Steuerschieber Q fest verbunden, durch Oeldruck zunächst den Servomotor des Ablenkers und durch diesen einen zweiten Servomotor C zur Verstellung der Nadel betätigt. Dieser arbeitet mit beidseitigem Oeldruck, jener für den Ablenker mit Drucköl für die Hubbewegung (Oeffnen) und mit Druckwasser für die Senkbewegung (Schliessen). Eine besondere Umleitung ermöglicht, den Ablenker vor Inbetriebsetzung, d. h. wenn noch kein Drucköl vorhanden ist, durch Betätigung des Steuerapparates E mit Druckwasser zu heben.

Treten Belastungschwankungen langsam auf, so folgen die Servomotoren genau den Bewegungen des Pendels; jeder Muffenstellung entspricht eine ganz bestimmte Ablenker- und Nadelstellung, wobei der Ablenker im Beharrungs-Zustand den Strahl nahezu berührt. Bei plötzlich auftretenden Entlastungen folgt jedoch nur der Ablenker-Servomotor den Bewegungen des Pendels und lenkt den Strahl sofort ab, während die Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel durch Drosselung der Oelwege soweit begrenzt wird, dass unzulässige Druckschwankungen in der Rohrleitung vermieden werden.

Die Rückführung des Reglers wird vom Servomotor des Ablenkers durch ein Gestänge bewerkstelligt, das eine den Steuerschieber Q des Regulators umschliessende Hülse verstellt. In Verbindung mit diesem Mechanismus sind die Vorrichtungen G zur Veränderung der Umdrehungszahl um $\pm 5\%$ von Hand oder mit Elektromotor vom Schaltstand aus und H zur Veränderung des Ungleichförmigkeitsgrad des Reglers während des Betriebes von -2% bis $+5\%$. Die das Drucköl von etwa 15 at Pressung liefernde, ventillose, mit Riemen über eine Lenix-Spannrolle angetriebene Oelpumpe B ist aussen am Lagerfuss in einem durch Türe abgeschlossenen Gehäuse angeordnet. In der Antriebriemenscheibe ist ein Fliehkraftschalter P eingebaut, der bei einer einstellbaren Umdrehungszahl (rund

400 in der Min.) einen elektrischen Kontakt schliesst und damit das Senken des Ablenkers und den Abschluss des Hauptabsperrventils S bewirkt. Dieser Kontakt kann auch durch einen am Pumpengehäuse befindlichen, gegen ungewollte Betätigung geschützten Druckknopf geschlossen werden. — Beim Bruch des Pendelriemens wird durch die herabfallende Lenixrolle der Oeldruck des Ablenkerservomotors aufgehoben und der Ablenker gesenkt. Die Turbine kann dann mit der Tourenverstellvorrichtung G unter Benützung des Oeldruckes von Hand weiterreguliert werden.

Zum raschen Abbremsen der Turbine wird durch eine mit Druckwasser betätigte „Gegendüse" U ein etwa 20 mm starker Wasserstrahl mit Betriebsdruck auf die Schaufelrücken gespritzt und damit das Aggregat in rd. 3 Min. stillgesetzt, während der ungebremste Auslauf etwa 1 Stunde dauert.

Das bereits erwähnte *Hauptabsperrventil* ist eine Neukonstruktion der ehemaligen Firma Piccard Pictet. Wie aus Abbildung 49 hervorgeht, liegt im Innern des Rohrkrümmers ein durch vier Rippen mit der Rohrwandung verbundener Führungszylinder, über den sich die sogenannte Glocke in axialer Richtung verschiebt und durch eine Kolbenstange geführt wird, die die Krümmerwandung durchdringt und ausserhalb einen Entlastungskolben trägt. Wird dem mit zwei Ledermanschetten gegen innern und äussern Ueberdruck abgedichteten Hohlraum der Glocke durch ein im Maschinensaal befindliches Steuerventil Druckwasser der Hochdruckleitung zugeführt, so bewegt der überwiegende innere Wasserdruck die Glocke entgegen der Strömungsrichtung und gibt in der durch die Führungstange begrenzten Endlage den ganzen Ringraum, ungefähr gleich dem Rohrquerschnitt, für den Durchfluss frei. Wird der Hohlraum der Glocke mit der Aussenluft in Verbindung gebracht, so tritt das entgegengesetzte Spiel auf; die Glocke stützt sich in ihrer andern Endlage auf einen mit dreieckigen Fenstern zur langsamen Querschnittsverminderung ausgerüsteten Stahlring-Sitz und schliesst den Durchfluss ab. Die Oeffnung- und Schliesszeiten werden durch eine auswechselbare Blende in der Steuerwasserleitung geregelt. Das Steuerwasser durchfliesst nach Entnahme aus der Hauptleitung zwei ohne Betriebsunterbruch einzeln auswechselbare Filter mit feinmaschigem Messing-Drahtgeflecht.

Die Ledermanschetten der Glocke werden durch eine besondere Fettpresse geschmiert, die das Fett durch die Wirkung eines Differentialkolbens unter dem 1,2fachen Wasserdruck von rd. 96 at zwischen die Dichtungsflächen presst, wodurch eine sichere Schmierung erzielt wird und Störungen infolge Zerreissens einer Manschette tunlichst unschädlich gemacht werden. Das ganze Hauptabsperr-Ventil wiegt 3,1 t.

Die Bewegung der Glocke des Absperrventils wird durch eine Stahldrahtlitze auf einen im Maschinensaal befindlichen Stellungsanzeiger übertragen, der mit einer gleichen Vorrichtung für die Gegendüse, den Steuerventilen für diese und für den Absperrschieber sowie dem Manometer auf einer in der Nähe jeder Turbine angeordneten Tafel vereinigt ist (Abbildung 50).

Versuchsergebnisse. Die Wassermessungen zur Berechnung der Wirkungsgrade der Turbinen wurden vom eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft ausgeführt. Mit der Turbinenlieferantin war von vornherein die Bestimmung der Wassermenge mit einem in den Unterwasserkanal jeder Turbine kurz vor seiner Einmündung in den Sammelkanal eingebauten Ueberfallwehr (vergl. Abbildung 51) ohne Seitenkontraktion nach der Formel von Frese vereinbart worden. Die Messung der Ueberfallhöhen hätten zur Er-

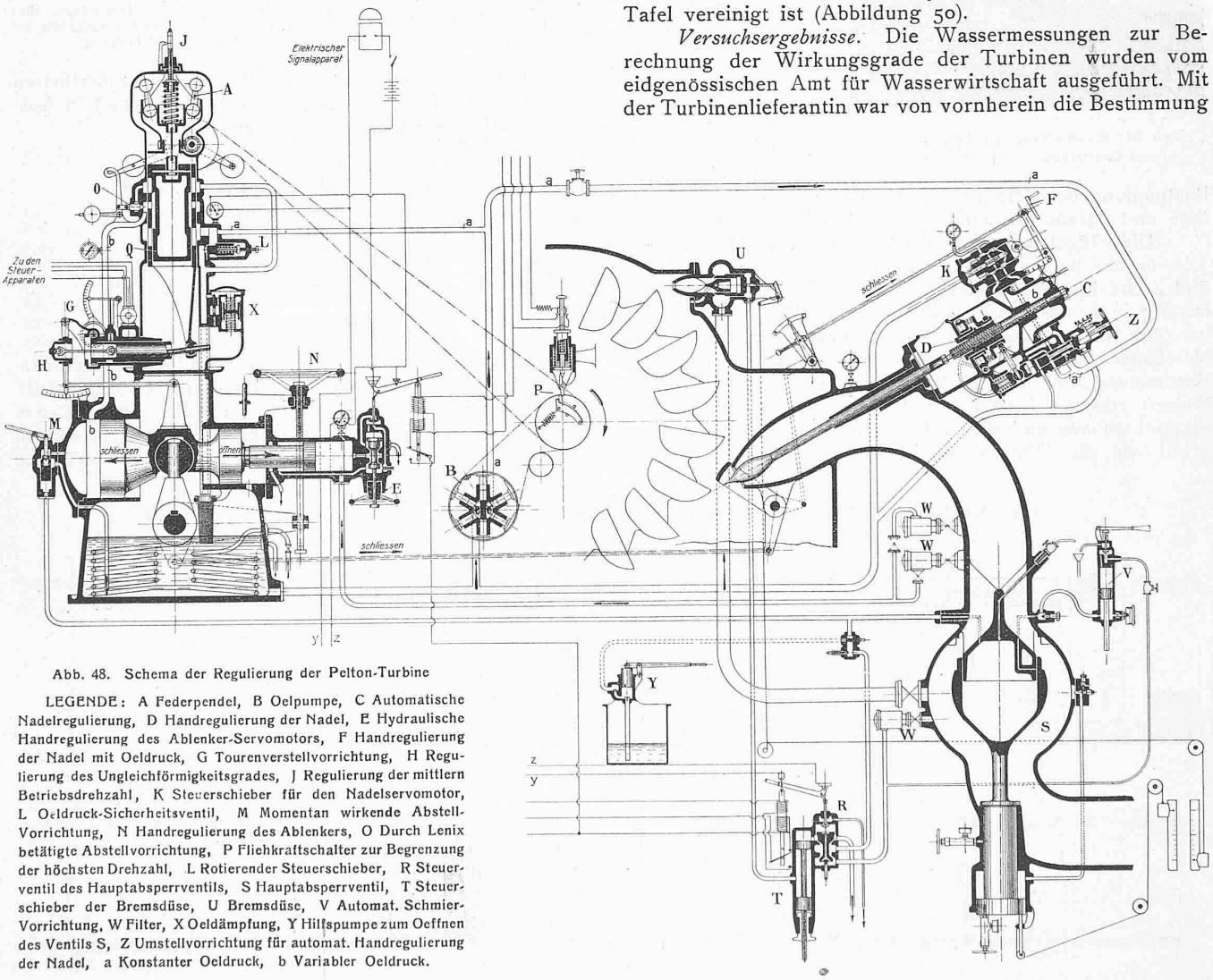


Abb. 48. Schema der Regulierung der Pelton-Turbine

LEGENDE: A Federpendel, B Oelpumpe, C Automatische Nadelregulierung, D Handregulierung der Nadel, E Hydraulische Handregulierung des Ablenker-Servomotors, F Handregulierung der Nadel mit Oeldruck, G Tourenverstellvorrichtung, H Regulierung des Ungleichförmigkeitsgrades, J Regulierung der mittlern Betriebsdrehzahl, K Steuerschieber für den Nadelservomotor, L Oeldruck-Sicherheitsventil, M Momentan wirkende Abstell-Vorrichtung, N Handregulierung des Ablenkers, O Durch Lenix betätigte Abstellvorrichtung, P Fliehkraftschalter zur Begrenzung der höchsten Drehzahl, L Rotierender Steuerschieber, R Steuerventil des Hauptabsperrventils, S Hauptabsperrventil, T Steuerschieber der Bremsdüse, U Bremsdüse, V Automat. Schmier-Vorrichtung, W Filter, X Oeldämpfung, Y Hilfspumpe zum Oeffnen des Ventils S, Z Umstellvorrichtung für automat. Handregulierung der Nadel, a Konstanter Oeldruck, b Variabler Oeldruck.

mittlung der garantierten Wirkungsgrade ausgereicht. Es erschien jedoch sowohl vom praktischen, als auch vom wissenschaftlichen Standpunkt aus betrachtet, als sehr wünschenswert, näher zu untersuchen, wie gross die Unterschiede der mit der erwähnten Formel von Frese berechneten und der bis 500 l/sek volumetrisch und von 500 bis 1500 l/sek mit verschiedenen Flügeln direkt gemessenen Wassermengen sind. Für erstgenannte Messungen konnte durch eine, im Sammelkanal errichtete, provisorische Staumauer mit eingebauter Drosselklappe ein rund 200 m³ fassender Behälter geschaffen werden, der durch Füllen mit einem, unmittelbar unterhalb des Ueberfallwehres provisorisch erstellten Hilfsbehälter von bekanntem Rauminhalt (etwa 2 m³) geeicht wurde. An zwei, am untern Ende des grossen Behälters aufgestellten Messlatten wurde die Geschwindigkeit, mit der der Wasserspiegel steigt, durch Bestimmung der Zeiten für je 10 cm Zunahme der Wassertiefe und daraus die abfliessende Wassermenge berechnet.

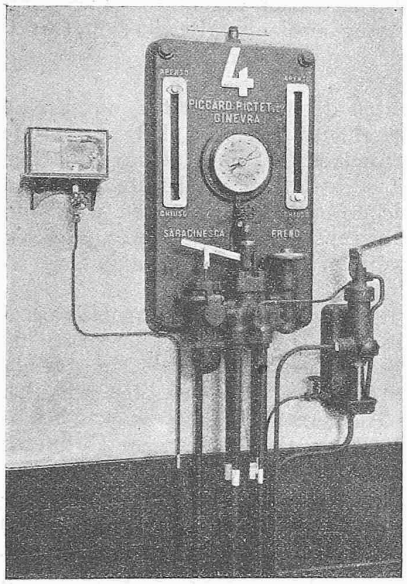


Abb. 50. Steuerschieber der Absperrventile und Zeigerinstrumente der Turbinen.

Die Flügelmessungen wurden in einem Abstand von 3,00 m oberhalb der Ueberfallkante in sieben Vertikalen und sechs bis sieben Horizontalen, d. h. je nach der Belastung in 42 oder 49 Messpunkten ausgeführt; es sind dabei fünf verschiedene Flügeltypen verwendet worden. Die Messdauer pro Punkt betrug mindestens zwei Minuten. Die Bestimmung der Ueberfallhöhen erfolgte durch direktes Messen von nivellierten, in der Kanaldecke eingesetzten Fixpunkten aus und durch Abstichpegel im gleichen Messprofil wie die Flügelmessungen. Das von den Turbinen abfliessende Wasser konnte durch eine Reihe leicht auswechselbarer, in allen drei Unterwasserkanälen verwendbaren Holzrechen und einer schwimmenden Faschine (vergl. Abbildung 51) genügend beruhigt werden.

Die Messergebnisse und die nach der Formel von Frese berechneten Werte sind auszugsweise in nachstehender Tabelle dargestellt, in der h die Ueberfallhöhe in mm, gemessen 3 m oberhalb des Ueberfalles, Q die gemessene Wassermenge in l/sek und Q_1 die nach Frese berechnete Wassermenge bezeichnen. Die Uebereinstimmung der Frese'schen Formel mit den Messresultaten kann hier als

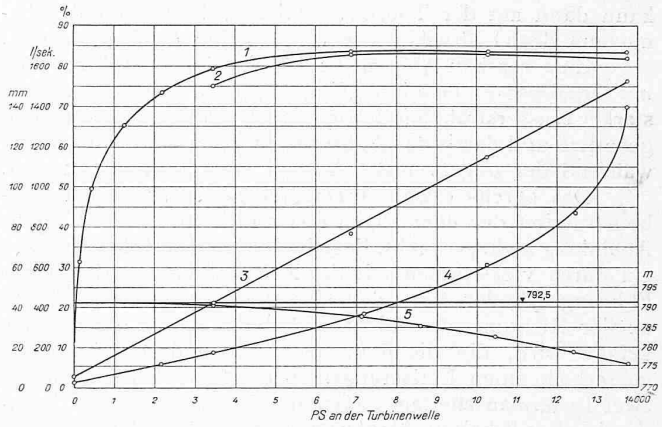


Abb. 52. Charakteristik einer 12 200 PS-Turbine des Kraftwerks Ritom.

1 Gemessener Wirkungsgrad, 2 Garantierter Wirkungsgrad, 3 Wassermenge, alles bezogen auf 810 m Gefälle, 4 Nadelweg in mm, 5 Effektives Betriebsgefälle bei drucklosem Stolleneinlauf und bei einer Turbine pro Rohrstrang.

eine gute bezeichnet werden. Bezüglich weiterer Einzelheiten wird auf eine vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft in Aussicht gestellte Veröffentlichung verwiesen.

Art der Messung	h	Q	Q_1	$Q-Q_1$	$\frac{Q-Q_1}{Q_1}$
	mm	l/sek	l/sek	l/sek	%
Volumetrisch	70,9	74,8	79,1	— 4,3	—5,4
,,	121,4	170,7	174,1	— 3,4	—1,9
,,	180,1	313,1	312,6	+ 0,5	+0,1
,,	234,7	470,6	464,9	+ 5,7	+1,2
Flügelmessungen	355,2	857	870	—13,0	— 1,5
,,	370,5	948	927	+21,0	+2,2
,,	415,7	1105	1106	— 1,0	—0,1
,,	505,4	1485	1493	— 8,0	—0,5

Die gemessenen Wirkungsgrade und die übrigen charakteristischen Kurven sind in Abbildung 52 dargestellt. Die im Leerlauf gemessene, auf ein Nutzgefälle von h_n=810 m umgerechnete Wassermenge beträgt 86 l/sek entsprechend 6,5% der Vollast-Wassermenge für Antrieb des erregten Generators mit 296 kW Leerlaufsverlust, bezw. 57 l/sek entsprechend 4,3% für den unerregten mit 124 kW Verlust.

Ausser den im nächsten Abschnitt erwähnten Proben mit auf 500 Uml/min erhöhter Drehzahl, wurde mit einem

Das Kraftwerk Ritom der Schweizer. Bundesbahnen.

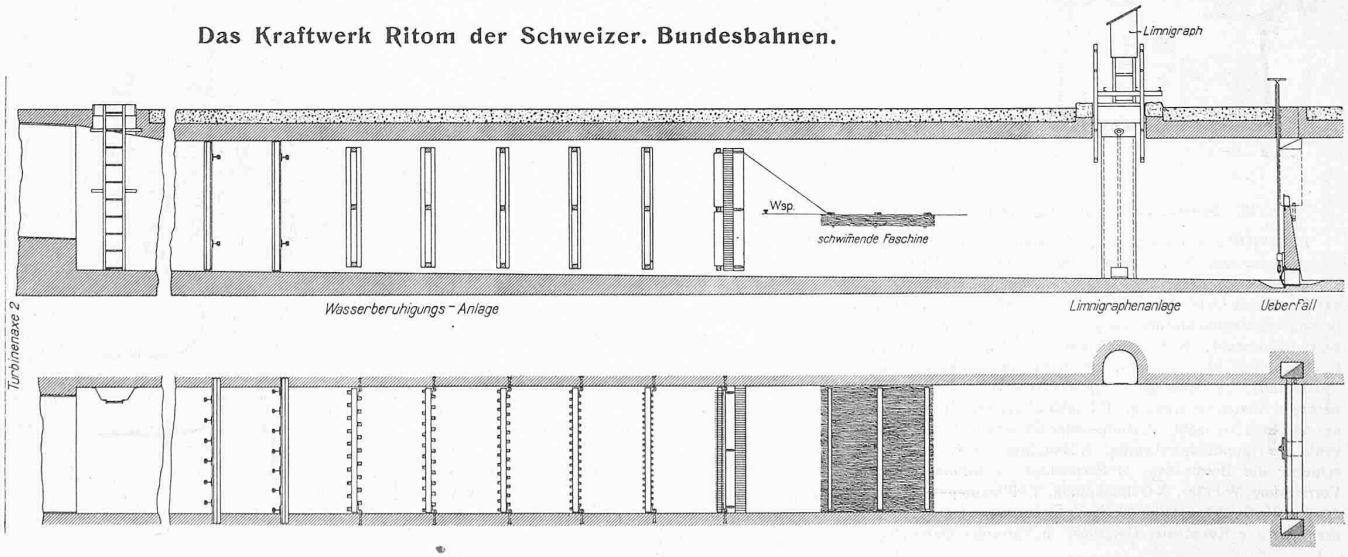


Abb. 51. Unterwasserkanal einer Turbine mit Beruhigungs-Gittern, Limnigraph und Messüberfall. — Masstab 1 : 120.

Laufrad und gekuppelter Generatorwelle ohne Rotor ein Durchbrennversuch gemacht, bei dem eine höchste Drehzahl von 608 in der Minute bei 62 mm Nadelhub (axiale Verschiebung der Nadel) einem Betriebsdruck von 775 m und eine Wassermenge von ungefähr 1085 l/sek erreicht wurde. Die Umfangsgeschwindigkeit des Rades, im Strahlkreis von 3,25 m Durchmesser gemessen, betrug 103,4 m/sek entsprechend 84 % der verlustlosen Austrittgeschwindigkeit des Wassers aus der Düse (123 m/sek).

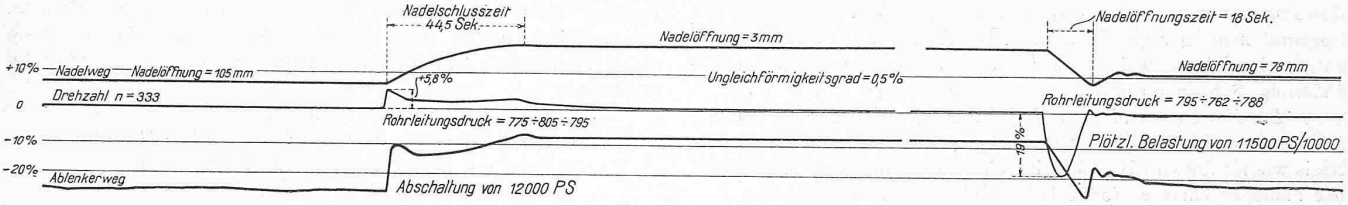


Abb. 53. Tachogramm aufgenommen an der Turbine 2 des Kraftwerks Ritom bei plötzlicher Abschaltung, bezw. Belastung von 12000 PS.

Ueber die Regulierung der Turbine bei plötzlichen Belastungsänderungen geben die Diagramme (Abbildung 53) Aufschluss. Das aus Auslaufversuchen bestimmte Schwungmoment der Turbine allein beträgt 49000 kgm², das der ganzen Gruppe 424000 kgm². Die gemessenen, höchsten Drehzahlschwankungen bei plötzlichen Abschaltungen von Vollast bezw. Halblast sind um 4,8% bezw. 2,5% geringer als die bei einem allerdings kleineren vorausberechneten Schwungmoment (390000 kgm²) garantierten Werte.

Das Hauptabsperrventil schliesst in etwa 70 sek und öffnet in etwa 60 sek; die mit einer in die Druckwasser-Steuerleitung zum Absperrventil eingebauten Blende regulierte Schlusszeit ändert sich praktisch nicht, wenn der Wasserdurchfluss von 0 bis 1400 l/sek gesteigert wird. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Glocke bewegt, ist während des ganzen Weges beim Oeffnen und Schliessen praktisch konstant. Der Druck in der Rohrleitung, am Ventilkörper gemessen, schwankt bei allen Versuchen innerhalb ± 25 m. Die Veränderung des Druckes im Innern der Glocke und im Rohre zwischen Ventil und Turbine wurde in Abhängigkeit des Ventilhubes mit einem registrierenden Manometer aufgenommen (Abbildung 54). Der Druckabfall im Absperrventil wurde mit einem von der Turbinen-Lieferantin gebauten Manometer durch Messung der Höhendifferenz zweier in dickwandige Gasröhren eingeschlossenen kommunizierenden Quecksilbersäulen direkt bestimmt (vergl. Abbildung 55). Der grössere Druckverlust auf der kürzeren Strecke A—C von 2,90 m bei 1440 l/sek gegenüber demjenigen auf der längeren Strecke A—D von nur 1,99 m erklärt sich aus einer Rückgewinnung an Geschwindigkeitshöhe infolge Abnahme der Wassergeschwindigkeit von rd. 7,4 m/sek im engsten Querschnitt des Ventils auf 6,07 m/sek im Rohr von 550 mm Durchmesser. Die wirklichen Druckverluste von 1,99 m auf der Mess-Strecke A—D bei einer Wassermenge von 1440 l/sek setzen sich demnach zusammen aus dem Verlust im Absperrventil = 1,54 m, dem Verlust im 90° Bogen, berechnet zu 0,36 m und dem Verlust in der geraden Strecke C—D, berechnet zu 0,09 m.

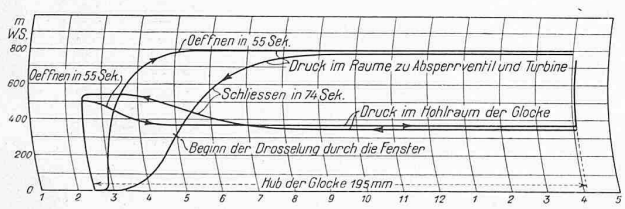


Abb. 54. Druckveränderung im Absperrventil Nr. 4 bei Oeffnen und Schliessen. Nadelhub für Oeffnen = 10 mm, für Schliessen = 120 mm; Durchmesser der Blende = 3,5 mm.

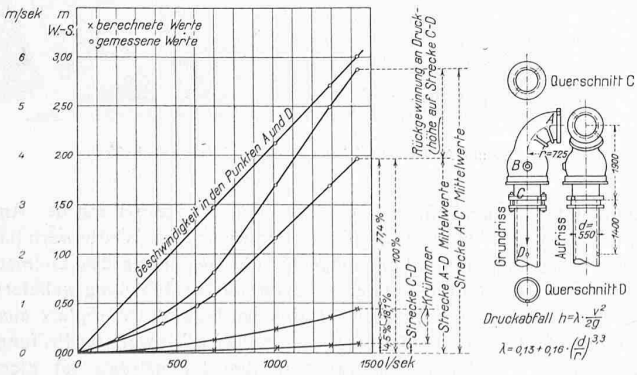


Abb. 55. Druckverluste im Absperrventil Nr. 4 von 550 mm lichter Weite (in der Formel für λ soll der Exponent 3,5 statt 3,3 heissen).

Die Abnahme-Versuche wurden von Ing. V. Gelpke, Luzern, geleitet, der von den S. B. B. zu diesem Zwecke als Experte bestellt worden war. Weitere Einzelheiten über diese Versuche sind in einem von ihm in der „Z. d. V. D. I." vom 5. Mai 1923 veröffentlichten Artikel zu finden.

(Fortsetzung folgt.)

Wettbewerb für die Kornhausbrücke in Zürich.

(Schluss des Berichts des Preisgerichts von Seite 312.)

Nr. 7. „Fornicibus Formosus." Erste Beurteilung: Das Längenprofil zeigt weiche Uebergänge. Im Limmatausschnitt selbst geht die Steigung von 2% auf 1,46% über. Der Verfasser strebt eine rhythmisch gleichmässig gegliederte Bogenteilung an. In der Limmat ist ein 3 m breiter Pfeiler vorgesehen, die beiden Limmat-Oeffnungen sind 29 und 31,40 m weit. Im ganzen werden sechs gelenklose Gewölbe vorgeschlagen, das über der rechtsufrigen Seebahn ist am weitesten gespannt. Diese Oeffnung hätte kleiner und der Pfeiler zwischen Kanal und Rechtsufriger wesentlich kräftiger gehalten werden sollen. Die rechtsufrigen Uferbauten wirken unabhängig, da das Gesamtbild der Brücke von keinem Standpunkt aus voll erfasst werden kann. Der Pfeiler in der Mitte der Limmat erscheint besonders bei den häufigen niederen Wasserständen gestelzt. Im Limmatausschnitt, etwa vom Platzspitz oder vom Sihlquai aus gesehen, wirkt es ungünstig, dass die Stützung des rechten Gewölbes hinter dem Damm verschwindet. Die leichte Knickung zwischen der Richtung der unteren Auffahrtsrampe und der Brückenaxe ist städtebaulich berechtigt. Der mit dem Gefällsbruch zusammenfallende Richtungswechsel an dieser Stelle ergibt eine angenehme Ueberleitung. Unbefriedigend ist dagegen die beidseitige Einklammerung der Rampe durch dicht angeschlossene Gebäude. Die in gleicher Höhe durchgehenden Erdgeschosse sind teilweise nur von den bedeutungslosen Seitenstrassen A und B benützbar. Die linken Brückenkopfbauten mit 26 m Höhe über dem Sihlquai sind übertrieben entwickelt. Am rechten Ufer verursachen das zu starke Vorrücken der Bebauung und die doppelseitige Rampe kostspielige Stützmauern. Die Führung der Kornhaus-, der Rousseau-, der Kronenstrasse und der Quartierstrasse ist gut. Dagegen ist die zweite fahrbare Verbindung zwischen projektierter Kornhaus- und Wasserwerkstrasse wirtschaftlich nicht gerechtfertigt. Am rechten Brückenkopf ist die Strasse unter Verzicht auf jede Platzanlage auf das ausreichende Mass von 25 m erweitert. Die Formgebung der Brücke ist im ganzen gut, nur erscheint die Abstützung der Gewölbe auf die Pfeilervorköpfe etwas hart. Ansprechend sind das Abschlussprofil und die Durchbildung des Eisengeländers sowie der Eisenmasten. Deren Aufstellung an der Innenkante der Trottoir-Randsteine ist gutzuheissen. Ingenieur und Architekt haben bei diesem Entwurf mit Erfolg zusammengearbeitet.