

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 59/60 (1912)
Heft: 3

Artikel: Anlagen der Bernischen Kraftwerke A.-G.
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-29919>

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: 30.01.2025

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

INHALT: Anlagen der Bernischen Kraftwerke A.-G. — Hydraulische Druckregulatoren. — Wohnhaus Rammersbühl in Schaffhausen. — Vom Hauenstein-Basistunnel. — Miscellanea: Der Kurs über elektrische Traktion. Schweizerische Bundesbahnen, Monatsausweis über die Arbeiten am Lötschbergtunnel. Elektrolytische Wasserstoffgewinnung für die Zwecke der Militärluftschiffahrt. Eidg. Technische Hochschule. Monatsausweis über die Arbeiten am Grenchenbergtunnel. Pupin-Spulen in Schweiz. Telefonleitungen. Ausbau des zweiten Simplontunnels. Schweiz. Verband für die

Materialprüfungen der Technik. Schweiz. Landesausstellung Bern 1914. Einführung der linksufrigen Zürichseebahn. Welttelegraphendenkmal. III. Zürcher Raumkunst-Ausstellung. Architektur-Ausstellung in Aarau. — Konkurrenzen: Plakat für die Schweiz. Landesausstellung Bern 1914. — Literatur: Eisenbetonbau. Literar. Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung. Tafeln 20 bis 11: Wohnhaus Rammersbühl in Schaffhausen.

Band 59.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 3.

Anlagen der Bernischen Kraftwerke A.-G.

III. Das Elektrizitätswerk Kandergrund.

(Schluss.)

Die Zentrale zeigt im Grundriss die normale Anordnung; sie bietet in einem Maschinensaal von 61 auf 14,3 bzw. 15,3 m Raum zur Aufstellung von sieben Maschinengruppen, bestehend aus horizontalachsigen, jeweils mit einem Drehstromgenerator gekuppelten Pelton-turbinen (Abbildung 20 und 21). Originell ist das Innere des von einem grossen Walmdach mit Lüftungsaufsatz überdeckten Maschinensaales. Getragen wird das ganz in Eisenbeton mit Abdeckung in Walliserschiefer konstruierte Dach von ganz einfachen Bindern, an deren Zugbändern eine Menge von Glühlampen aufgehängt sind, die eine gleichmässige, schlagschattenfreie Beleuchtung ergeben (Abbildung 22). Der Raum mutet in seiner etwas nüchternen Zweckmässigkeit, die namentlich im Schaltpodium zum Ausdruck kommt, fast amerikanisch an.

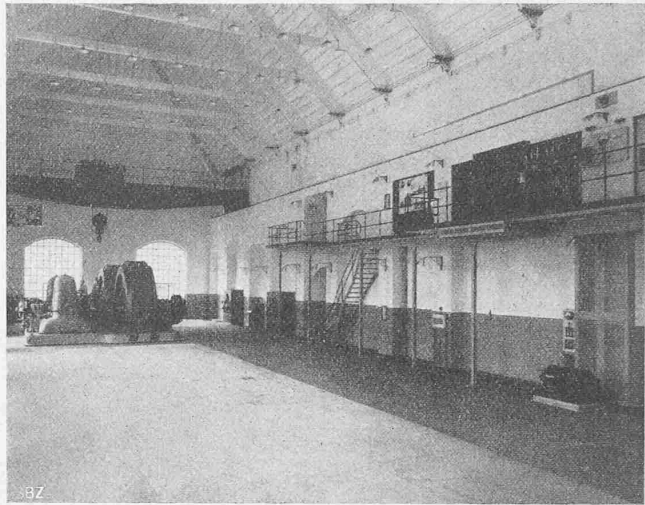
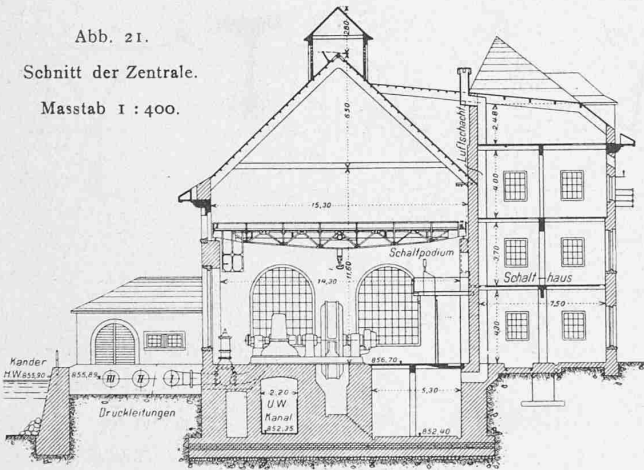


Abb. 22. Maschinensaal der Zentrale Kandergrund.

Abb. 21.

Schnitt der Zentrale.

Masstab 1 : 400.



Wie dem Schnitt (Abbildung 21) zu entnehmen, ruht das Maschinenhaus auf einer mit Eisenbahnschienen kräftig armierten Betonplatte, deren Sohle tiefer reicht als das Bett der benachbarten Kander. Zur Trockenhaltung der Baugrube im stellenweise sandschüssigem Lehm diente während des Baues ein seitlich angelegter tiefer Pumpschacht. An der Bergseite des Maschinenhauses ist das Schaltheus angebaut, dessen Einrichtungen am Schlusse kurz erläutert werden sollen. Am Auslauf des Unterwasserkanals ist ein Messüberfall für genaue Messungen eingebaut worden; die Einrichtung veranschaulichen die Abbildungen 28 bis 30 auf Seite 32.

Von den Turbinen sind z. Z. erst zwei aufgestellt. Sie leisten bei einem Nettogefälle von 285 m und 300 Uml./min und einem Wasserverbrauch von 1350 l/sek je

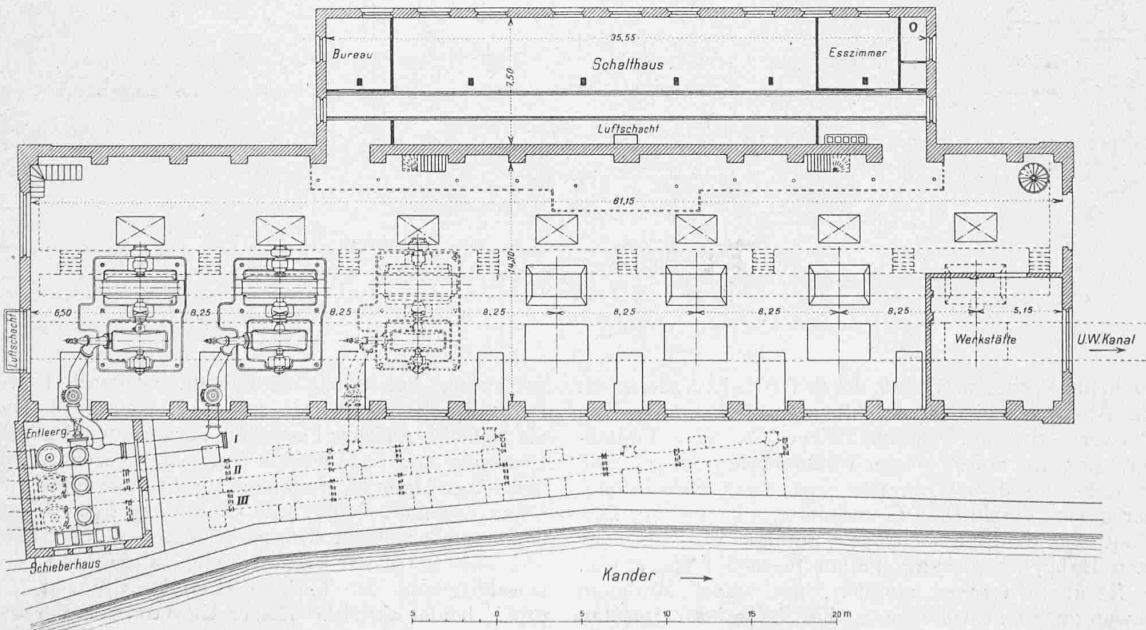


Abb. 20. Grundriss der Zentrale des Elektrizitätswerks Kandergrund. — Masstab 1 : 400.

4000 PS, die vom starr angekuppelten Generator in dreiphasigen Wechselstrom von 16000 bis 17000 Volt Spannung und 80 Perioden in der Sekunde umgewandelt werden. Diese beiden Wechselstromgruppen dienen hauptsächlich zur Entlastung und als Reserve für die Zentralen der „Bernischen Kraftwerke A.-G.“ in Spiez und Hagnek, während erst die später einzubauenden Maschinengruppen den einphasigen Wechselstrom für den Betrieb der Löttschbergbahn liefern werden.

Beide jetzt im Betrieb befindlichen von der *Soc. an. des ateliers Piccard, Pictet & Cie.* in Genf gebauten Turbinen werden von derselben Druckleitung von 1 m lichter Weite gespeist, die durch einen der im letzten Abschnitt erwähnten hydraulisch betätigten Absperr-Schieber im Schieberhaus abgeschlossen werden kann. Die beiden Abzweigungen von der Hauptleitung zu den Turbinen haben

Das Elektrizitätswerk Kandergrund.

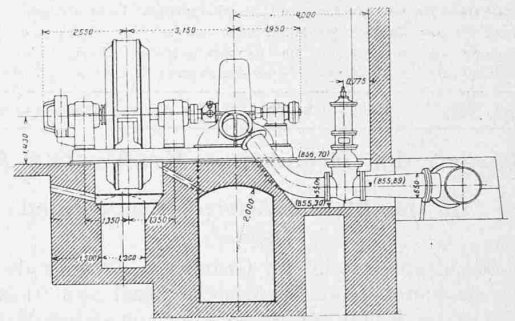


Abb. 23. Anordnung einer Maschinengruppe. — 1 : 200.

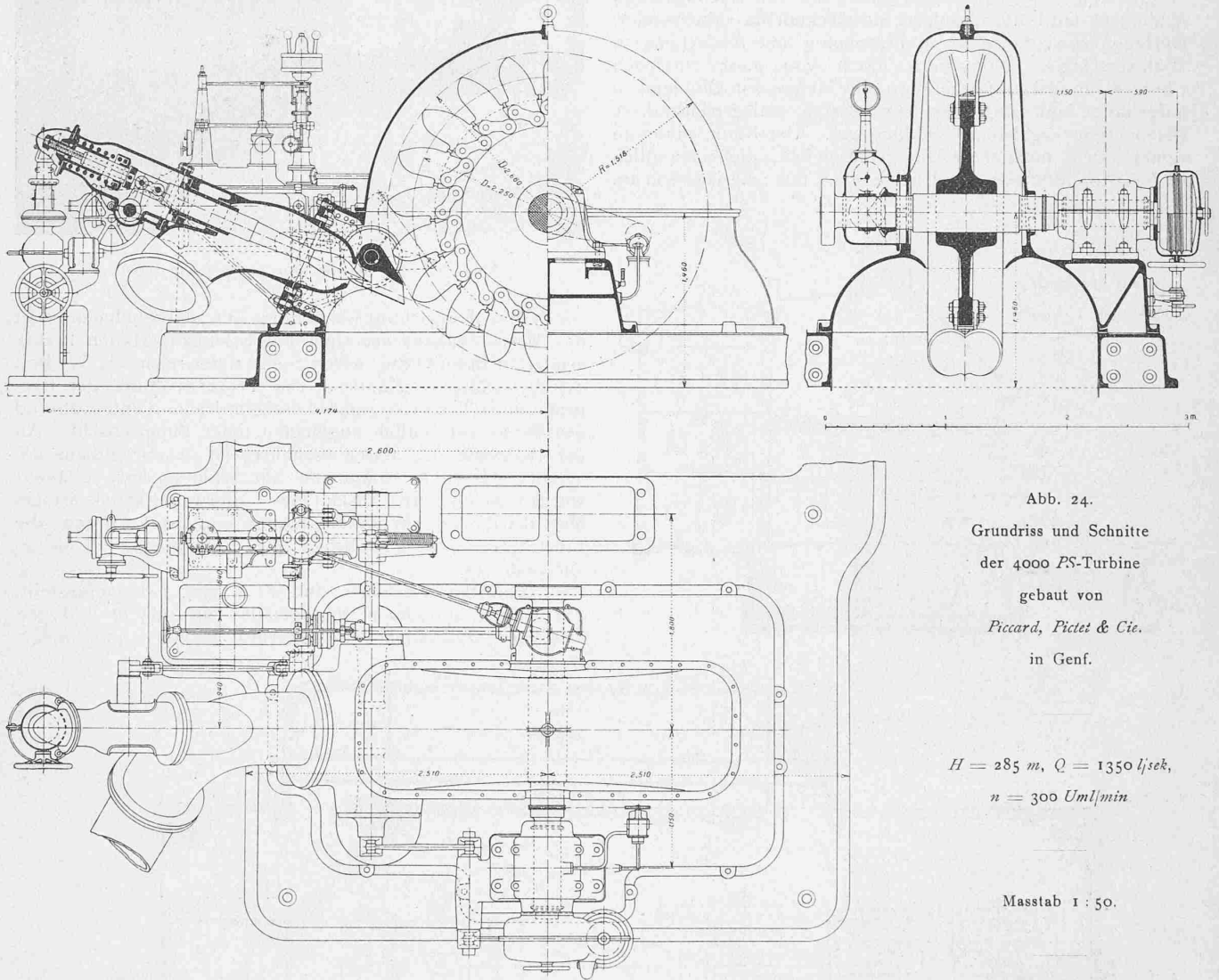


Abb. 24.
Grundriss und Schnitte
der 4000 PS-Turbine
gebaut von
Piccard, Pictet & Cie.
in Genf.

$H = 285 \text{ m}$, $Q = 1350 \text{ l/sek}$,
 $n = 300 \text{ Uml/min}$

Masstab 1 : 50.

550 mm lichte Weite, und sind durch ebenfalls hydraulisch betätigte Absperr-Schieber abschliessbar (Abbildung 23). Das Wasser tritt auf diesem Wege in den Einlaufkrümmer, der in einer einzigen Nadeldüse endigt. Die Turbine steht mit dem Generator und ihrer Regulierung auf einer gemeinschaftlichen Grundplatte, was viel zur Einheitlichkeit der Gruppe beiträgt. Infolge der mit der bekannten Doppelregulierung, Patent Piccard, Pictet & Cie. erzielte Resultate war es möglich, mit einem Minimum von Schwungmasse auszukommen, die zum weitaus grössten Teil vom Generator geliefert wird. Jede Gruppe benötigt nur drei Lager, wodurch ihre gesamte Baulänge gegenüber

getrennter Aufstellung bedeutend vermindert wird. Das Laufrad selbst setzt sich aus einer nach Prof. Dr. Stodola als Scheibe gleicher Festigkeit berechneten Radscheibe aus Stahlguss und 20 einzeln auswechselbaren Schaufeln aus demselben Material zusammen, die rittlings auf dem Scheibenkranz sitzend befestigt sind (Abbildung 24). Die Schaufeln haben entsprechend dem maximalen Strahldurchmesser von 164 mm so grosse Abmessungen, dass beim eventuellen Durchbrennen der Turbine eine Zentrifugalkraft von 44 t pro Schaufel auftritt. Dieser Umstand, im Verein mit den ausserordentlich zahlreichen, durch die Umlaufzahl der Turbine bedingten Kraftwechseln, denen die Schaufel unter-

worfen ist, bedingte natürlich sorgfältigste Berechnung und Ausführung der Befestigung unter Verwendung besten Materials. Die Art der Befestigung, die der Firma Piccard, Pictet & Cie. durch Patent geschützt ist, geschieht mittels konischer Bolzen, die in eine innen konische und aussen zylindrische, gespaltene Stahlhülse eingezogen werden, die sich infolgedessen weitet und mit bedeutender Kraft gegen die Wandungen der Löcher der Radscheibe und der Schaufeln angepresst wird.

Die *Regulierung* ist, wie bereits früher erwähnt, als Doppelregulierung gebaut und wird mittels Oeldruck betätigt, den eine besondere, durch Zahnräder und eine ausrückbare Kupplung von der Welle aus angetriebene ventillose Pumpe liefert.¹⁾ Die eine Art der Regulierung besteht in der Verschiebung der Düsenadel in ihrer Längsaxe, wodurch der Querschnitt des austretenden Strahles verändert wird; der Kraftaufwand bei dieser Verschiebung ist durch eine, am Schaft der Düsen-Adel angebrachte Kompressions-Feder teilweise kompensiert. Diese Regulierung erfolgt langsam, um eine schädliche Drucksteigerung in der Zuleitung zu vermeiden. Damit sich die drehenden Massen bei plötzlichen Abschaltungen nicht übermässig beschleunigen, ist unmittelbar vor der Düse ein Ablenker angeordnet, der den austretenden Strahl teilweise umschliesst und ihn je nach Bedarf mehr oder weniger aus dem Laufrade ablenkt. Diese beiden Regulierarten erfolgen stets gleichzeitig, jedoch wie gesagt in der Weise, dass die Ablenkung sehr rasch, die Schliessung der

Düsen-Adel jedoch so langsam erfolgt, als es zur Erzielung einer minimalen Drucksteigerung in der Zuleitung zweckmässig erscheint. Die gegenseitige Abhängigkeit von Nadel und Ablenker-Regulierung ist so getroffen, dass während der Schliessbewegung der Nadel der Ablenker sich soweit zurückbewegt, bis er genau tangential dem veränderten Strahle anliegt, dessen Grösse der jeweiligen Belastung entsprechend, durch die Stellung der Düsen-Adel bestimmt wird. Der Strahl kann demnach wieder frei in das Laufrad strömen, wodurch der gute Nutzeffekt der Turbine für jede Stellung der Nadel gesichert bleibt.

¹⁾ Vgl. die Beschreibung der „Ackersand“-Turbinen in Bd. LIV, S. 279.

Der Reguliervorgang beim Öffnen erfolgt in umgekehrtem Sinne identisch, mit dem Unterschied, dass der Ablenker nicht in den Strahl tritt, sondern successive eine, dem sich vergrössernden Strahl entsprechende höhere Stellung einnimmt.

Sowohl Nadel wie Ablenker können jederzeit auch von Hand betätigt und verstellt werden, erstere überdies mittels elektrischen Antriebs. Der Ungleichförmigkeitsgrad und die Umlaufzahl sind, letztere auch vom Schaltbrett aus, während des Betriebes verstellbar. Ein an der Rückführung angebrachtes Handrad ermöglicht die Verstellung des Servomotors mittels Oeldruck. Alle Regulierorgane sind zu einer gedrängt gebauten Gruppe vereinigt, und können sämtlich von der gleichen Stelle aus betätigt, beziehungsweise überwacht werden.

Das Federpendel, das die ganze Regulierung steuert, zeichnet sich durch seine einfache Bauart und grosse Empfindlichkeit aus, dadurch hervor-

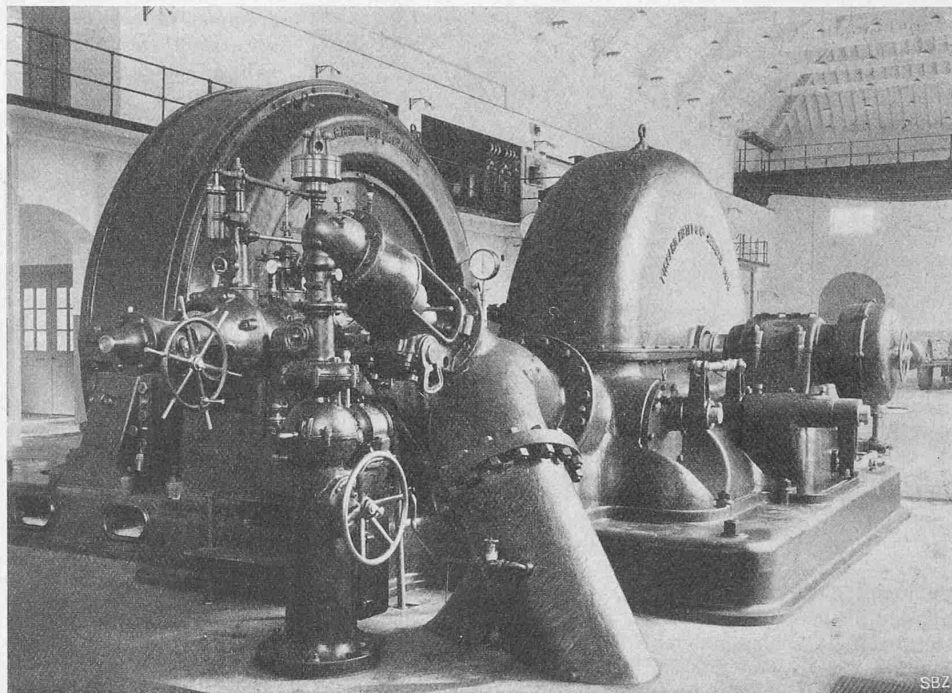


Abb. 25. Ansicht des 4000 PS-Turbine von rechts und hinten.

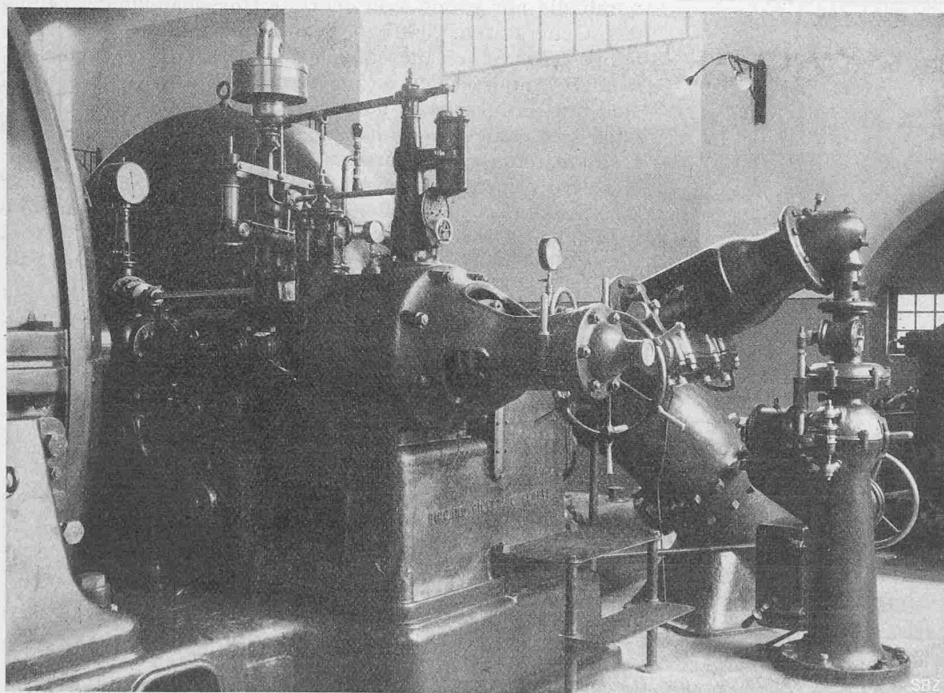


Abb. 26. Federpendelantrieb, Regulierung und Servomotor von hinten und links.

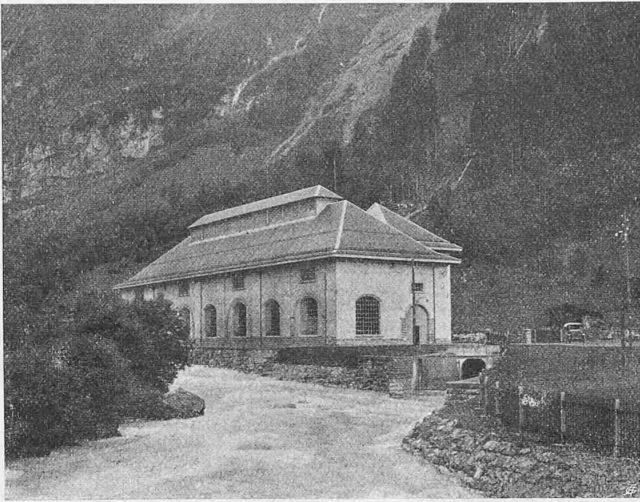


Abb. 28. Auslauf des U.-W.-Kanals in die Kander.

gebracht, dass es keine Zapfgelenke enthält; die schwingenden Teile sind an dünnen Stahlbändern aufgehängt, die sich beim Ausschlagen leicht durchbiegen. Der Antrieb des Pendels erfolgt von der Turbinenwele aus, nicht mehr mit Riemen, sondern durch Stirnrad- und Helicoïdal-Getriebe.

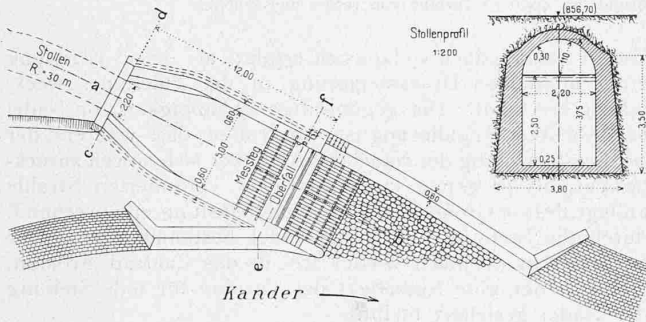


Abb. 29. Grundriss des Auslaufs mit Messüberfall; Masstab 1 : 400.

Die mit dieser Regulierung erzielten Regulier-Diagramme sind ausserordentlich günstig, wie aus Abbildung 27 ersichtlich. Diese Resultate sind zur besseren Uebersicht in untenstehender Tabelle zusammengestellt.

Ausser der beschriebenen Doppelregulierung mit Oel-druck ist an jeder Turbine ein mechanischer Achsenregler angebracht, der als statischer Sicherheitsregler funktioniert. Sollte es vorkommen, dass die normale Umlaufzahl um 15% überstiegen wird, so tritt dieser Achsenregler in Tätigkeit, indem er mittels einer starren mechanischen Verbindung mit dem Ablenker den Strahl aus dem Laufrade ablenkt. Dieser Apparat ist als Leistungsregler ausgeführt, wirkt also direkt und ist deshalb absolut zuverlässig (Abb. 24 u. 25).

Die Generatoren der Zentrale Kandergrund erzeugen, wie bereits vorausgeschickt, Drehstrom in der verhältnismässig hohen Spannung von 16 000 Volt, in der der Strom ohne Transformierung zur Fortleitung in das Verteilungsnetz gelangt. Als Besonderheit im elektrischen Teil der Anlage können bloss jene durch die hohe Maschinenspannung bedingten Sicherheitsmassnahmen erwähnt werden,

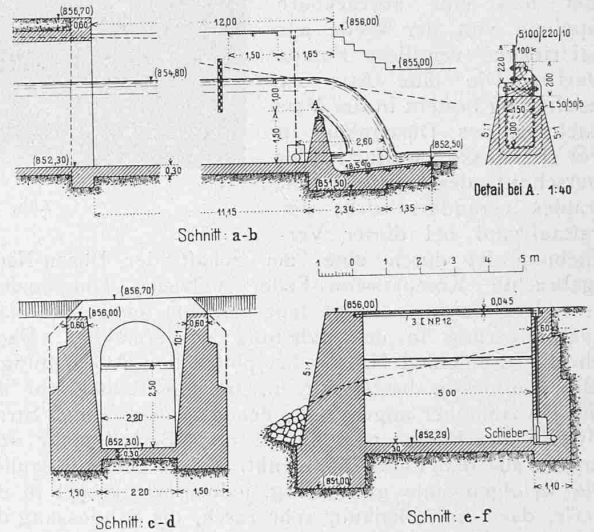


Abb. 30. Schnitte zu Abb. 29; Masstab 1 : 200.

Nr. des Versuchs	Belastungs-Aenderung PS	Geschwindigkeits-Aenderungen in %		Druckschwankungen Drucksteigerung in % ü. d. statischen Druck	
		beob.	garant.	beob.	garant.
1	850 auf 0	1,4	2	2,3	Maximum 12 %
2	1700 „	2,9	5	3,0	
3	2470 „	3,2	8	3,4	
4	3380 „	4,2	10	4,4	
5	4070 „	5,1	12	5,4	

vorab die mit 40 000 Volt geprüfte Hochspannungswicklung der Generatoren. Ferner gehören dazu die Ueberspannungs-Sicherungen der abgehenden Leitungen, denen besondere Aufmerksamkeit zugewendet worden ist. Hierzu sind im Erdgeschoss und II. Stock des ans Maschinenhaus angebauten Schalthauses Kondensatorenbatterien und Funkenstrecken mit Vorschaltwiderständen, sowie Wasserstrahler eingebaut worden. Im mittlern Stock enthält das Schalhaus neben den Strom- und Spannungswandlern automatische Oelschalter zur Bedienung der im II. Stock untergebrachten Sammelschienensysteme. Die vom Schalt-

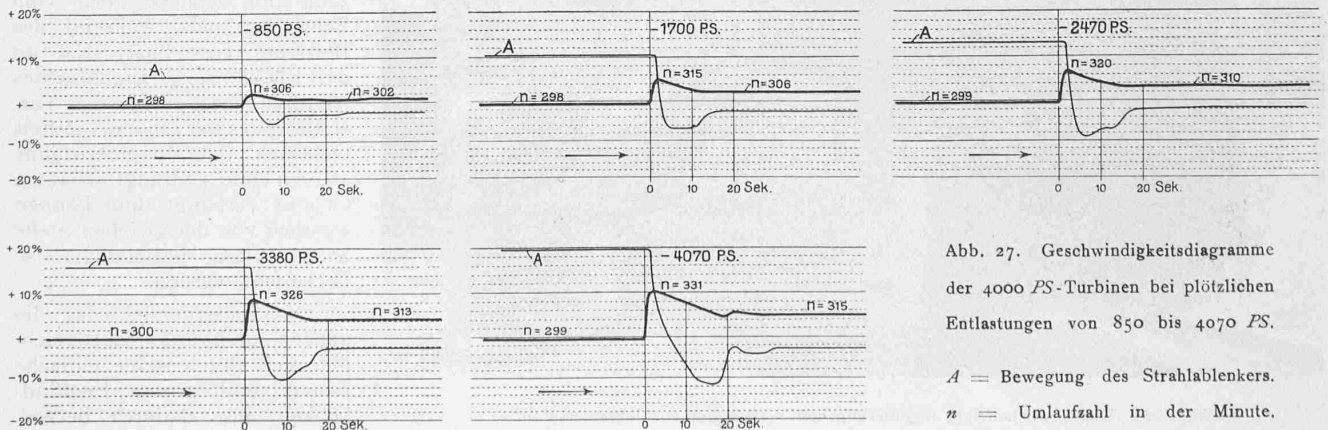


Abb. 27. Geschwindigkeitsdiagramme der 4000 PS-Turbinen bei plötzlichen Entlastungen von 850 bis 4070 PS. A = Bewegung des Strahlablenkers. n = Umlaufzahl in der Minute.

podium ausgehenden Fernbetätigungs- und Signalleitungen werden von einer Akkumulatorenbatterie gespeist, deren Lade-Umformergruppe unter dem Podium Aufstellung fand. Beleuchtungs- und Kleinmotorenstrom für Ladegruppe, Kran und Werkstatt liefern je ein Transformator.

Die Apparate der Blitzschutz-Sicherungen lieferte die *Société Générale des Condensateurs électriques Fribourg*, die Generatoren *Brown, Boveri & Cie.* in Baden, von denen auch in der Hauptsache die übrigen elektrischen Apparate bezogen worden sind.

Das erste Anlassen der Maschinen erfolgte am 23. Dezember 1910, die Inbetriebsetzung des Werkes am 9. Januar 1911.

Das Elektrizitätswerk Kandergrund.

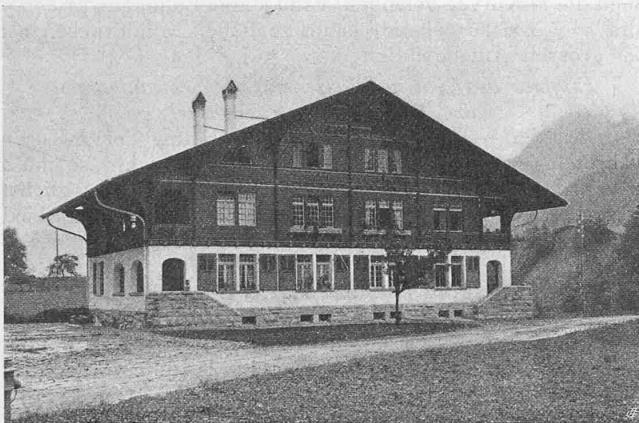


Abb. 31. Maschinisten-Wohnhaus bei der Zentrale Kandergrund.

Das Elektrizitätswerk Kandergrund wurde in seinem baulichen Teil entworfen vom Oberingenieur der Bernischen Kraftwerke, Ingenieur *Alex. Schafir*, unter dessen persönlicher Leitung auch die Ausführung in Regie stattfand. Als Mitarbeiter verdienen genannt zu werden für die Projektierung Ingenieur *H. Stoll* und für die Ausführung Ingenieur *T. Liechti* (obere Sektion mit Wehranlage), Bauführer *Rufener* (Wehranlage) und Ingenieur *A. Keller* (untere Sektion mit Maschinenhaus). Die Gesamt-Baukosten werden sich belaufen auf rund 378000 Fr., wovon etwa 45000 Fr. auf die maschinelle und elektrische Ausrüstung entfallen.

Hydraulische Druckregulatoren.

Von Dipl. Ing. *R. Dubs* und Dr. Ing. *A. Utard.*

(Schluss.)

7. Verschiedene Möglichkeiten der f₁'- und f-Linie zur Erzielung einer bestimmt vorgeschriebenen L-Kurve.

Nach dem oben angegebenen Rechnungsgang ergibt sich die Konstruktion der *f*-Linie für ein bestimmtes *L₁'* und *f₁'*; wobei uns aber die Wahl der beiden letztgenannten Grössen noch völlig frei steht. Es entsteht somit die Frage, welche *L₁'*-Kurve am vorteilhaftesten ist, und welche *f₁'*- und *f*-Linien sich besonders empfehlen.

Damit die Wirkung der Wasserträgheit auf den Reguliervorgang völlig ausgeschaltet wird, muss die *L₁'*-Kurve den der Schliess-*f₁'*-Linie entsprechenden Verlauf nehmen. Denn bei Wegfall der Druckschwankungen würde die Leistungskurve den Eröffnungen *f₁'* des Leitapparates direkt proportional sein. Dann ist es vor allem interessant, den Grenzfall festzustellen, der selbstredend ohne Vergrößerung von *h_{max}*, am wenigsten Wasser verloren gehen lässt. Es werde bei dieser Untersuchung die Elastizität vernachlässigt.

Wir gehen hierzu von dem in Abschnitt Ia, (Seite 4) betrachteten Falle aus, der bereits ohne Zuhilfenahme eines Seitenauslasses, bloss infolge einer bestimmten Form der

Schlusslinie eine Herabminderung des maximalen Druckes (allerdings nur bei Vernachlässigung der Elastizitäten) in Aussicht stellte und auch eine im gesamten günstigere *L*-Kurve ergab. Die Voraussetzung war damals eine gleichmässige Abnahme der Fließgeschwindigkeit im Zuleitungsrohr, also $\frac{dc}{dt} = \text{konstant}$ (nach Gleichung 11); auch die Druckhöhe stellte sich dann während des ganzen Schliessvorganges konstant ein, nämlich $h = \eta = H_0 (1 + m)$ (vergl. Gleichung 9).

Das in Abschnitt Ia beobachtete plötzliche Anheben der *L*-Kurve können wir nun dadurch vermeiden, dass wir zwar die *f*-Linie an der Stelle *a* um das dort berechnete Stück Δf herunter springen lassen (siehe Gleichung 16). Dabei vermindern wir aber den Wert von *f₁'* noch um ein grösseres Stück derart, dass nach dem Sprung der Oeffnungsgrösse der Wert von *L₁'* derselbe bleibt (Abbildung 10).

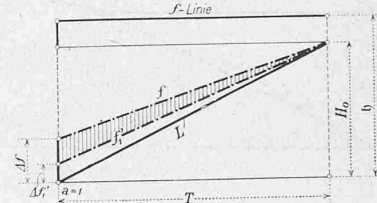


Abbildung 10.

Die *L₁'*-Werte nehmen dann bei weitergehendem Schluss linear ab, da $h = \text{konstant} = \eta$ und $\frac{df_1'}{dt} = \text{konstant}$ nach Annahme. Die Differenz von *f₁'* und *f* gibt den Wert der momentanen Eröffnung des Nebenauslasses und auch einen Anhaltspunkt über die Menge des ausströmenden Wassers. Die Grösse von $\Delta f_1'$ erhält man durch Gleichsetzen der beiden Ausdrücke für *L₁'* an der Stelle *a* vor und nach dem ruckweisen Schliessen. Im Augenblick vor dem teilweisen Schliessen der Leitschaukeln ist:

$$L_1' = f_1' \gamma \frac{v_0^3}{2g} \dots \dots \dots (42)$$

Nach dem plötzlichen Ruck der *f₁'*- und *f*-Querschnitte lässt sich *L₁'* ausdrücken durch:

$$L_1' = f_1' \gamma \frac{v_1^3}{2g} \dots \dots \dots (43)$$

Beide Werte von *L₁'* müssen nun einander gleich sein, da eine lineare Abnahme der *L₁'*-Werte gefordert ist. Somit folgt nach den Gleichungen 42 und 43:

$$\frac{f_1'}{f_1} = \frac{v_0^3}{v_1^3} = \sqrt{\left(\frac{H_0}{\eta}\right)^3}$$

Hierin den Wert von η nach Gleichung 9 eingesetzt, ergibt:

$$\frac{f_1'}{f_1} = \frac{1}{\sqrt{(1+m)^3}} \dots \dots \dots (44)$$

Nun ist nach Gleichung 15: $\frac{f}{f_1} = \frac{1}{\sqrt{1+m}}$

$$\text{Somit folgt: } f_1' = f \frac{1}{1+m} \dots \dots \dots (45)$$

Der Seitenauslass würde hiernach an Wasser ungefähr die in Abbildung 10 schraffierte Fläche beanspruchen, also eine geringe Wassermenge verloren gehen lassen.

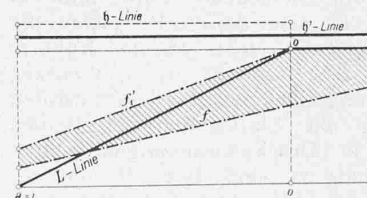


Abbildung 11.

Will man auch die Grösse von η herunterdrücken auf einen Wert η_1' , so berechnet man sich für dieses η_1' das entsprechende *T* aus Gleichung 9. Die zugehörigen Werte von *f₁'* und *f* liessen sich auf ähnliche Weise ermitteln wie im vorher-

gehenden. Die neuen Verhältnisse sind durch Abbildung 11 charakterisiert.

Es braucht wohl kaum eines Hinweises darauf, dass in der gezeichneten Form diese Schliesskurve kaum praktisch verwirklicht werden kann, da ein momentaner Sprung schlechterdings nicht erzielt werden kann. Aber selbst bei einer abgerundeten Form der *f₁'*- und *f*-Linien bleiben bei Berücksichtigung der Elastizität die schon früher in