Die Wasserkraftanlagen Tremp und Seros der Barcelona Traction, Light & Power Co.

Autor(en): **Huguenin, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **69/70 (1917)**

Heft 21

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-33974

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Vom Bau der Druckleitung zur Kraftzentrale Seros.

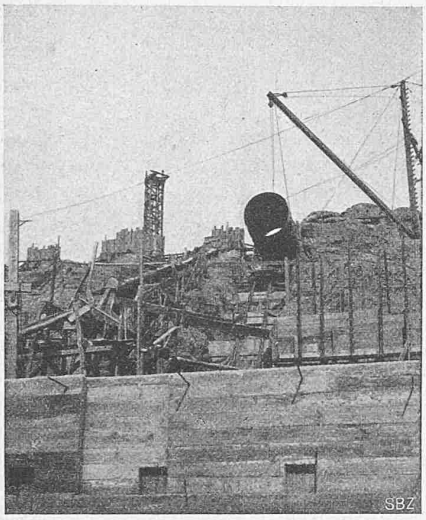


Abb. 79. Montieren der Rohrleitungen.

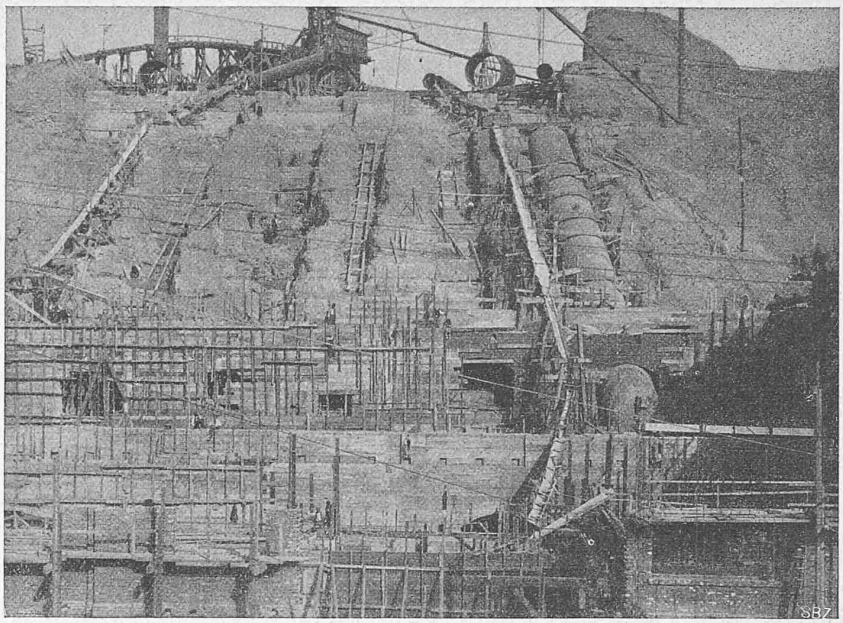


Abb. 78. Die Rohrbahn von unten gesehen; Stand der Arbeiten am 18. Oktober 1913.

der andern nach oben gerichtet ist) und bei senkrechter Wellenstellung gelang es, die Störung ganz zu beseitigen.

3. Die beschriebenen Erscheinungen traten an der von uns benutzten Versuchseinrichtung (mit 16 bis 20 *mm* Wellendurchmesser und 250 bis 500 *mm* Scheibendurchmesser) erst bei stärkern Ueberwuchten in ausgesprochener Weise auf.

4. Es darf vermutet werden, dass an den in der Praxis beobachteten Störungen im gleichen Gebiet der Antrieb durch bewegliche Kupplungen mitbeteiligt war, daher sich vom Standpunkte der Ruhe des Ganges die Benützung fester Kupplungen empfiehlt.

Die Wasserkraftanlagen Tremp und Seros der Barcelona Traction, Light & Power Co.

Von Ing. *A. Huguenin*, Direktor der A.-G. Escher Wyss & Cie., Zürich.

(Fortsetzung von Seite 234.)

Angesichts des nicht sehr widerstandsfähigen Felsens, der an jener Stelle zu Tage tritt, entschloss sich die Bauleitung nachträglich, die talseitige Abschlussmauer nicht unmittelbar an den Absturz zu legen, woraus sich die Notwendigkeit ergab, in der Rohrleitung am obern Ende einen Krümmer einzuschalten. Jede Rohrleitung ist unmittelbar hinter der Einlasschütze durch ein 1 *m* weites Rohr direkt entlüftet. Die Anordnung der *Druckleitungen* und des Maschinenhauses ist aus Abb. 74 und 75 (S. 245) zu ersehen. Zum Verständnis der Disposition ist es notwendig, dass folgende Bemerkungen vorausgeschickt werden. Der 1,2 *km* lange Unterwasserkanal mündet direkt in den Segre; er musste durch einen auf der ganzen Länge relativ sehr tiefen Einschnitt gebildet werden, da das kleine Seitental zum Segre, in dem das Maschinenhaus steht (Abb. 76), bloss sehr flachen Talweg besitzt. Angesichts der Notwendigkeit, schon für den Ablaufkanal einen relativ sehr tiefen Einschnitt ausheben zu müssen, bemühte man sich, die Aushubarbeiten für das Maschinenhaus selbst auf ein Minimum zu beschränken. Es wurde deshalb eine Anordnung gewählt, die den allerschmalsten Bau gestattete; diese wurde in der vertikalen Anordnung der Turbinen gefunden, die für so grosse Einheiten hier zum ersten Mal in Europa in Anwendung kam.

Das *Maschinenhaus* ist ausgerüstet mit vier vertikalen, einkränzigen Francisturbinen von je 14 500 *PS* maximaler Leistung, und für die spätere Einsetzung einer fünften Turbine eingerichtet. Die Turbinen sind direkt gekuppelt mit vertikalen Generatoren (Abb. 81 u. 82) der General Electric Co. von 8000 *kW* Normalleistung und 6000 Volt Spannung. Die Erregergruppen sind getrennt angeordnet und liegen im mittleren Felde des Hauses.

Die Saugrohre zu diesen grossen Turbinen wurden in Beton ausgeführt, mit Ausnahme des obersten Teiles, der eine Blechauskleidung erhielt (Abb. 81). Im untersten Teil des Maschinenhauses konnte sich also der Aushub auf

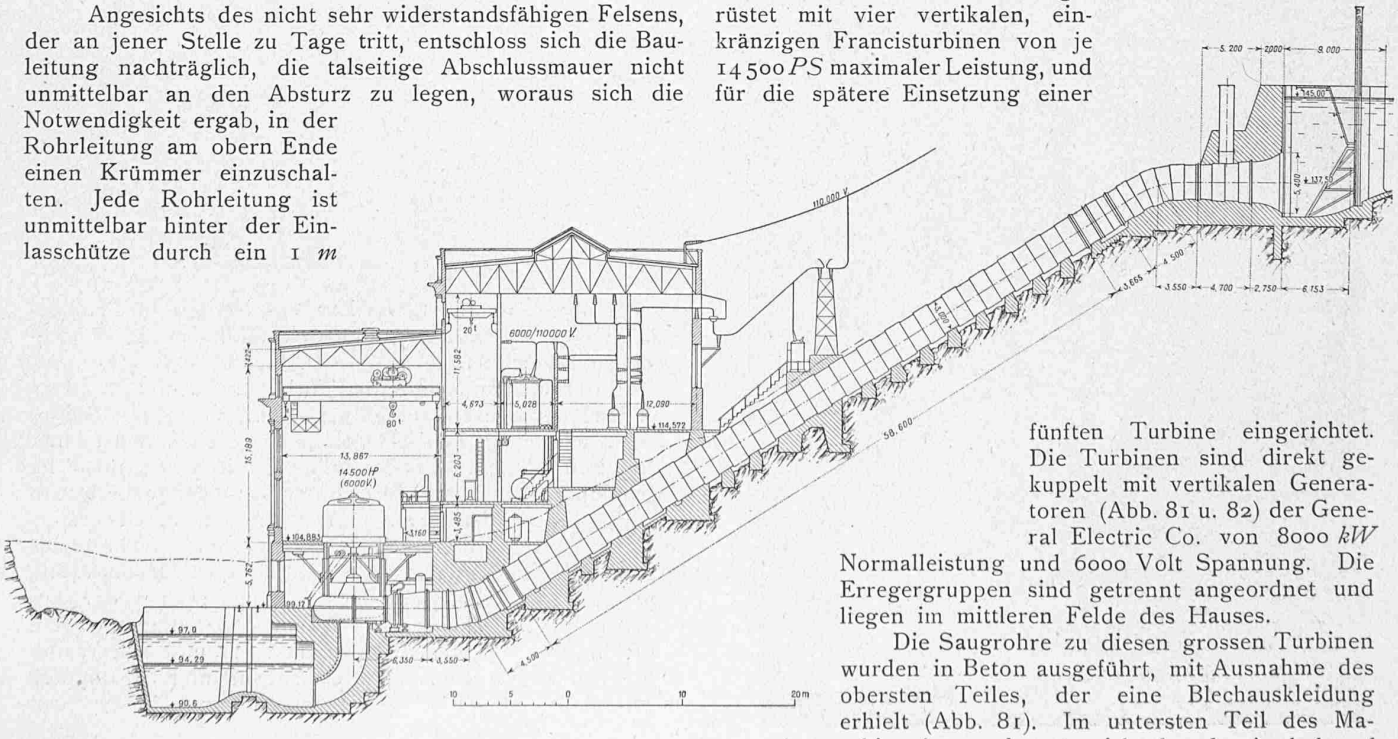
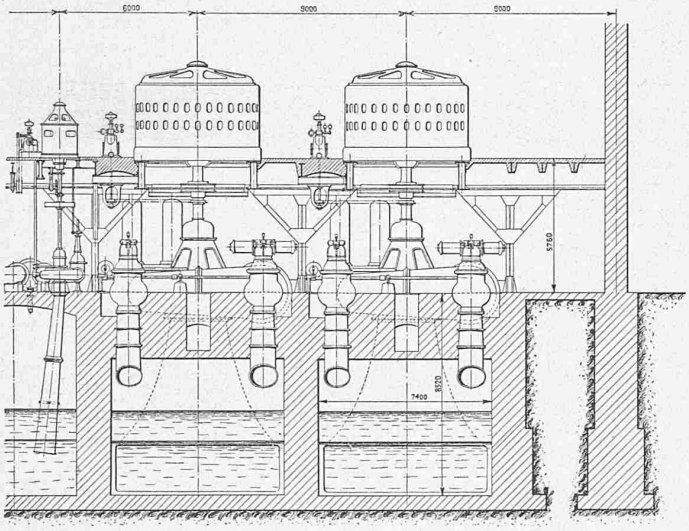


Abb. 74. Querschnitt des Maschinenhauses, samt Druckleitung und Wasserschloss. — 1 : 600.

eigentliche Schlitze für die einzelnen Saugrohre beschränken. Der Turbinenboden sollte übrigens den Abschlussboden für die Betonarbeiten des Maschinenhauses ergeben. Die Spiralen liegen horizontal und sind bis auf ihre Axhöhe einbetoniert. Diese Anordnung ergibt naturgemäss eine sehr gleichmässige und absolut zuverlässige Lagerung derselben. Um nun keine allzu grosse Höhe des Maschinenhauses zu erhalten, wurde getrachtet, eine Lösung ohne Zwischenboden zu finden und die Generatoren direkt auf dem nächsten Boden über den Turbinen anzuordnen. Diese Lösung ist wohl ohne weiteres möglich, sobald die Ringspuren *über* den Generatoren montiert werden, welche Anordnung die Firma Escher Wyss & Cie. schon in grössern Ausführungen mit bestem Erfolg ausgeführt hat. Um davon nur eine zu nennen, sei auf die Anlage in der Biaschina der A. G. Motor verwiesen, in der heute drei Gruppen von je 11000 *PS* und eine von 15000 *PS* für 300 *Uml/min* aufgestellt sind; die betreffende Zentrale hat übrigens bei jener Anordnung noch direkt auf die Generatorwelle oberhalb der Ringspuren aufgesetzte Erreger-Maschinen. Indessen weigerte sich hier die Gesellschaft, das Ringspurlager auf dem Armkreuz der von ihr vorgesehenen Generatoren amerikanischer Herkunft anzuordnen. Es blieb nichts anderes übrig, als eine Lösung zu suchen, bei der die Turbinen ihr Lager selbst tragen würden. Abbildung 81 lässt erkennen, wie das Problem gelöst wurde.

Die Ringspur wird durch einen starken Gusskonus getragen, der sich direkt auf den aus Stahlguss bestehenden Zwischenring des Gehäuses abstützt und, da dieses durchwegs unterbetoniert ist, den Hauptdruck ohne weiteres auf das Mauerwerk überträgt.

Durch diese Anordnung ist es also ermöglicht worden, die Generatoren auf dem Boden zu montieren, der direkt über den Turbinen liegt. Die ganze auf diese Weise



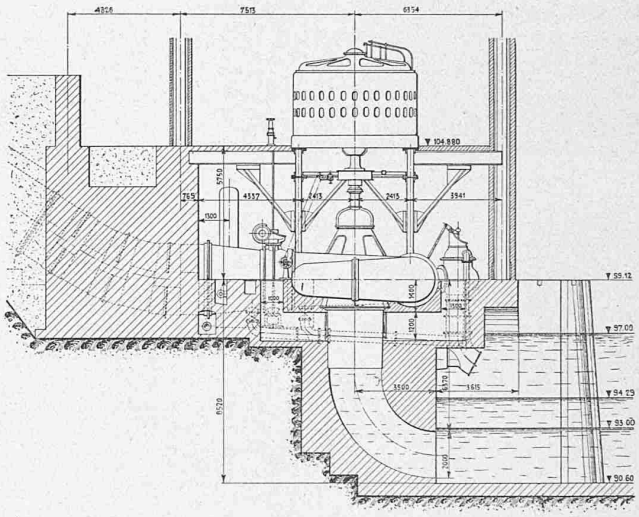


Abb. 81. Anordnung der Turbinen und Generatoren in der Zentrale Seros.

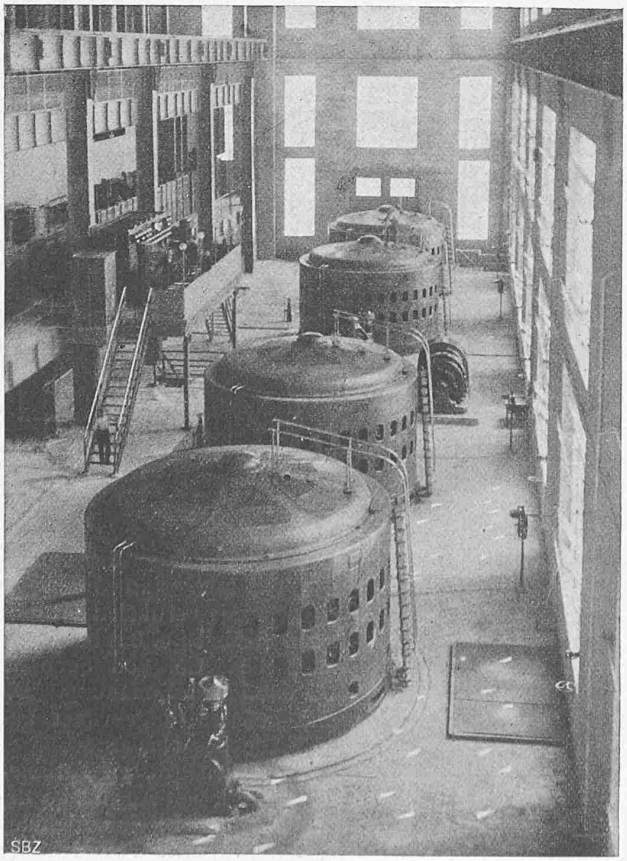
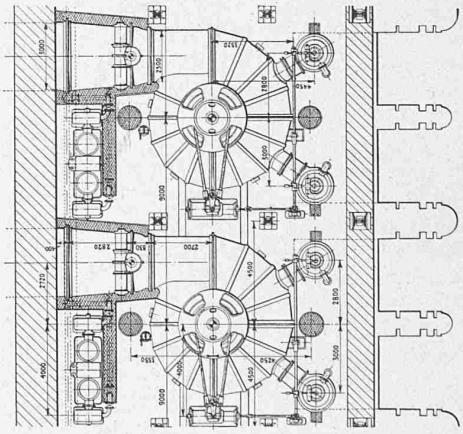


Abb. 82. Blick vom Kranführerstand in den Generatorensaal.

Längs- und Querschnitt sowie Horizontal-Schnitt mit Draufsicht auf den Turbinenboden.

Masstab 1 : 300.



durchgeführte Bauart ist, was Längen-, Breiten- und Höhenabmessungen anbelangt, wohl als ein Minimum des Erreichbaren zu bezeichnen.

Durch die Anordnung der Turbinen war ohne weiteres auch jene der Druckleitungen gegeben. Vor jedem Spiralgehäuse wurde ein konisches Rohr vorgesehen nebst einer hydraulisch betätigten Drosselklappe, die beide noch im Maschinenraum liegen. Vorn an der Drosselklappe schliesst sich ein grosser Krümmer und an diesen die Generator-Druckleitung an. Die Leitungen sind vom Wasserschloss aus in rund 45° Neigung und im Grundriss etwas fächerförmig angelegt (vergl. Abb. 73 in letzter Nummer), um der entsprechenden Achsdistanz der Turbinen Rechnung zu tragen. Die Rohre haben 3 *m* lichten Durchmesser und eine Wandstärke von 10 bis 12 *mm*; ihre Längsnietung ist doppelt, die Rundnietung einfach. Sie wurden in Schüssen von 6 *m*, jeder wieder aus vier Rundschüssen mit je zwei Längsnähten bestehend, auf den Platz geliefert. Am obern

Ende jeder Rohrleitung wurde zwischen dem geraden Teil und dem Krümmer eine 3,66 *m* lange Expansion eingeschaltet. Der obere Krümmer ist mit Hülfe von festen Ankereisen mit dem Mauerwerk verbunden. Am obern und untern Ende des Expansionsstückes, wie auch am obern Ende des untern Krümmers sind Winkelflanschen vorgesehen, die einen leichten Zusammenbau mit den Anschlussrohren gestatteten. Das Material zu dieser Rohrleitung ist Siemens-Martin-Stahlblech von Feuerblechqualität mit 38 bis 45 kg/mm^2 Festigkeit und mindestens 25 % Dehnung auf 200 *mm* Messlänge. Die Nieten sind in der Werkstätte hydraulisch, auf dem Bauplatz durch Druckluft geschlagen worden. Das Stemmen erfolgte ebenfalls durch Druckluft. Ganz entsprechend ist die Rohrleitung für die beiden Erreger ausgeführt; sie hat aber einen Durchmesser von nur 1200 *mm* bei einer Blechstärke von 6 *mm*. Die Druckleitung ist auf Betonsockeln, die in 3 *m* Abstand vorgesehen sind, mit 120° Zentriwinkel gelagert. Zwischen Rohrleitung und Sockel sind keine Gleitbleche eingelegt, sondern ist bloss eine Dachpappenunterlage angebracht worden.

An das Maschinenhaus wurde entsprechend den Gepflogenheiten der Gesellschaft das Transformatoren- und Schalthaus direkt angebaut. Rücksichten auf lokale Verhältnisse ergaben, dass es am einfachsten sei, dieses direkt über den Druckleitungen aufzubauen, woraus sich die aus den Abbildungen ersichtliche Anordnung ergab. Die Einphasenstrom-Transformatoren sind je zu dreien zu einer Gruppe vereinigt. Sie können die Maschinenspannung von 6000 Volt auf 88 000 bis 110 000 Volt hinauftransformieren, und zwar auch für die unterste Oberspannung bei voller Leistung. Die ausgehenden Leitungen führen direkt nach Lerida; die ersten eisernen Masten sind direkt über den Druckleitungen montiert (Abb. 80). Auf die Leitungsanlage soll später zurückgekommen werden. (Forts. folgt.)

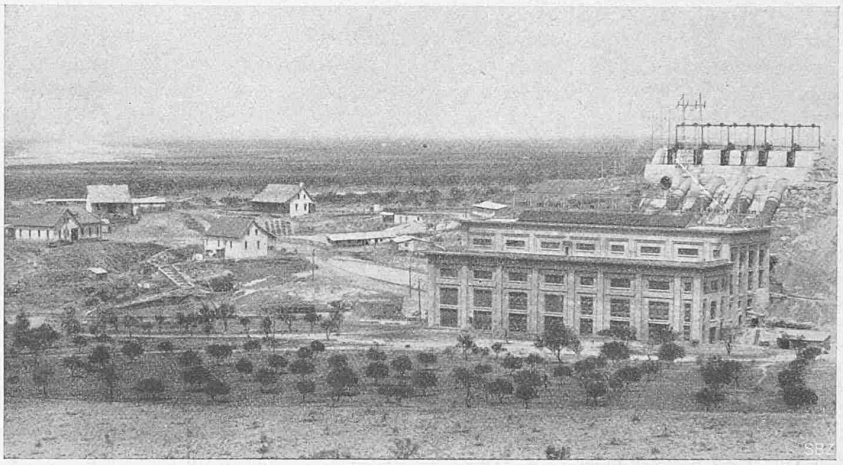


Abb. 80. Blick auf Maschinenhaus und Wasserschloss (hinten links der Rio Segre).

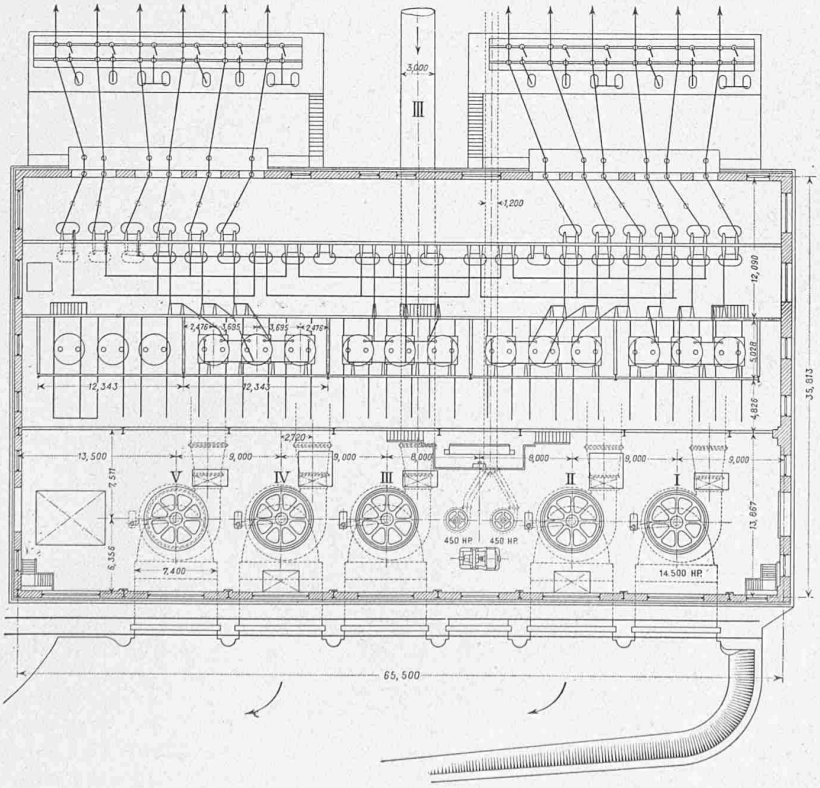


Abb. 75. Grundriss des Maschinenhauses. — Masstab 1 : 600 (vergl. Abb. 74).

Anwendung der elektrischen Heizung für industrielle Zwecke.

Von Ingenieur *F. Rutgers*, Oerlikon.

Bei der zunehmenden Teuerung der Kohlen und deren Beschaffungsschwierigkeit dürften die nachfolgenden allgemeinen Bemerkungen über die Anwendung der Elektrizität zu industriellen Heizzwecken, sowie die Beschreibung einer grösseren ausgeführten Anlage manchem Betriebsleiter oder Fabrikbesitzer willkommen sein.

Fast täglich hört man die Frage, bei welchem Preise die elektrische Heizung rentabel sei, oder in welcher Weise zur Verfügung stehende billige, bezw. kostenlose Nachtkraft zur Verminderung des Kohlenverbrauchs einer Fabrik (Spinnerei oder dergl.) herangezogen werden könnte. Diese Fragen sind meistens nicht ohne weiteres zu beantworten, sondern verlangen Untersuchung der einschlägigen Verhältnisse.

Es gibt in vielen Fabriken örtliche Anwendungen der Wärme, für welche die bestehenden Dampfheizungen einen sehr schlechten Wirkungsgrad aufweisen. Dies kann z. B. der Fall sein, wenn verhältnismässig kleine Wärmemengen in grosser Entfernung der Dampfkessel benötigt werden; die Verluste in den langen Dampfleitungen sind dann viel grösser als der Wärmebedarf des Apparates. Ganz besonders ungünstig liegen die Verhältnisse für die Dampfheizung, wenn die Wärme nur zeitweise, z. B. ein oder zwei Stunden lang, gebraucht wird, da dann noch die Verluste für das Unterdruckhalten der betreffenden Dampfleitung während der Zeit der Nichtbenützung der Heizung hinzukommen. In solchen Fällen ist die elektrische Heizung auch bei hohen Strompreisen oft billiger als die Dampfheizung und dringend zu empfehlen, besonders wenn Kohlen gespart werden müssen.

Als solche *lokale* Anwendungen der Elektrizität zu Heizzwecken, die oft bei gleichen Strompreisen, die für Motoren bezahlt werden, noch wirtschaftlich sind, kommen z. B. in Betracht die Erwärmung von Luft für kleinere Trockenanlagen, die Erzeugung von etwas warmem Wasser an der Verbrauchstelle, die Aufheizung von Bädern in Färbereien und dergleichen, das Heizen einzelner Apparate, wie Appreturmaschinen, Schlichtmaschinen, Kochkessel, Walzen und zahllose andere Apparate, bei denen die Dampfheizung wegen den grossen Verlusten in langen Rohrleitungen oder durch öftere Betriebspausen unter Umständen sehr unwirtschaftlich ist. In Betrieben, die für andere Zwecke wenig Dampf brauchen, kann der Fall eintreten, dass die Aufrechterhaltung des Betriebes einzelne derartige elektrische Wärmeanwendungen mit Rücksicht auf den gegenwärtig herschenden Kohlenmangel geradezu notwendig macht.

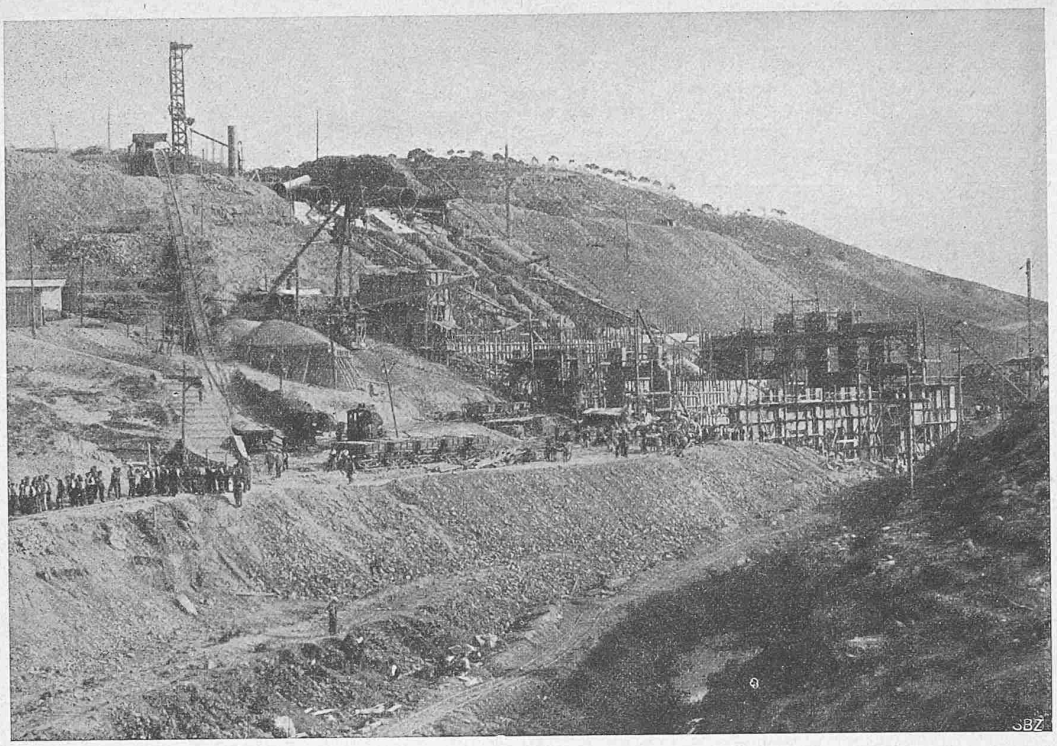


Abb. 76. Die Baustelle von Wasserschloss, Druckleitung und Maschinenhaus am 18. Oktober 1913.

1350 und 1500 Umdrehungen, dass die Bahn des Wellenmittelpunktes in der Mitte der Wellenlänge eine nahezu einfache elliptische bis kreisförmige Kurve ist. Im Viertel der Wellenlänge hingegen erscheinen der Abbildung 11 ähnliche Bahnen, die wir als Uebereinanderlagerung einer einfachen „Kreisbewegung" und einer hinzutretenden Schwingung zu betrachten haben.

Da die Welle bei der ersten kritischen Drehzahl nicht ganz ruhig blieb, bestand die Ueberwucht offenbar aus der Uebereinanderlagerung einer über die ganze Welle verteilten und einer sinuslinienförmigen. Der ersteren kommt dann bis zur zweiten kritischen Drehzahl eine sinuslinienähnliche Durchbiegung zu, was man häufig übersieht[1]). Hiernach wäre zwar das Vorhandensein einer Durchbiegung in der Mitte begreiflich, nicht aber ihre äusserst rasche gleichzeitige Zunahme mit dem Ausschlag im Wellenviertel.

b) Wagerechte Welle mit beidseitiger Einspannung. Hier ist das Verhältnis $n_{k_1} : n_{k_2} = 1 : 2{,}8$, daher würde die Gewichtsstörung, wenn sie aufträte, bei $n_{g_2} = 0{,}5\, n_{k_2} = 1{,}4\, n_{k_1}$ zu erwarten sein. Im Versuch konnte keine beobachtet werden, es machte sich nur bei 43 *gr* Ueberwucht pro Scheibe eine Labilität des Gleichgewichtes bis zu $n = 1{,}4\, n_{k_1}$ bemerkbar, indem die kleine kreisrunde Bahn des Wellenmittelpunktes bei leichter Störung von aussen sich vergrösserte, bis Streifen eintrat. Ob die Störung selbsttätig aufgetreten wäre, wenn man grössere Ueberwucht aufbrachte, konnte nicht festgestellt werden, da die Lagerung in starkes Mitschwingen geriet.

c) Senkrecht aufgestellte Welle mit freier Auflagerung. Die mit 4*c* gleiche Anordnung zeigte bei gleichmässig verteilter Ueberwucht von 33 *gr* für jede Scheibe die gleiche Störung wie bei wagerechter Welle, mit gleichen Bahnformen des Wellenmittelpunktes. Bei sinusförmiger Verteilung, wie unter 5*a*, bleibt hingegen der Halbierungspunkt der Wellenlänge fast völlig ruhig, die Welle bildet eine leicht geschwungene Sinuslinie und zeigt keinerlei Anzeichen einer selbständigen Störung. Im Viertel der Wellenlänge geht die kreisförmige Bahn bei rund 1200 *Uml/min* in Formen über, die Abb. 3A (200 Umdr.) ähnlich sehen, allein ohne dass ein Zwischenhöchstwert des Ausschlages feststellbar wäre. Offenbar kommt neben dem Kreuzgelenk auch der Grösse und der Verteilung der Ueberwucht eine besondere Rolle zu, denn wenn die Schuld am Kreuzgelenk allein liegt, so ist zu fragen, warum in senkrechter Lage die Störung bei sinusförmiger Verteilung verschwindet? Ein endgültiges Urteil könnte erst abgegeben werden, wenn die von mir für vollständig ausgewuchtete Wellen aufgestellten Schwingungsgleichungen auf endliche Werte der Exzentrizität ausgedehnt und integriert werden könnten.

Inzwischen bilden die Versuche für die Konstrukteure von Turbinen und Gebläsen einen empirischen Anhaltspunkt über die kritischen Störungsgebiete bei starrem und insbesondere bei nachgiebigem Antrieb durch bewegliche Kupplungen.

Zusammenfassung:

1. Die wagerecht gelagerte Welle mit einer Einzelscheibe oder mit vielen gleichmässig verteilten Scheiben besitzt ein neues kritisches Gebiet „zweiter Art" bei ungefähr der Hälfte der tiefsten kritischen Drehzahl „erster Art". Die Störung verschwindet vollständig, wenn man die Welle senkrecht anordnet, sofern keine Ungleichförmigkeit des Antriebes durch ein Kreuzgelenk, d. h. eine bewegliche Kupplung verursacht wird.

2. Zwischen der 1. und 2. kritischen Drehzahl erster Art besteht bei Kreuzgelenkantrieb und freier Auflagerung (Kugelschalen) ein weiteres Störungsgebiet, dessen Drehzahl rund das 2,5-fache der tiefsten kritischen Drehzahl erster Art ist. Die Störung erscheint bei wagerechter und senkrechter Wellenlage, hängt jedoch ab von der Grösse und Verteilung der Ueberwucht. Bei sinusförmiger Verteilung (wobei *e* in der einen Wellenhälfte nach unten, in

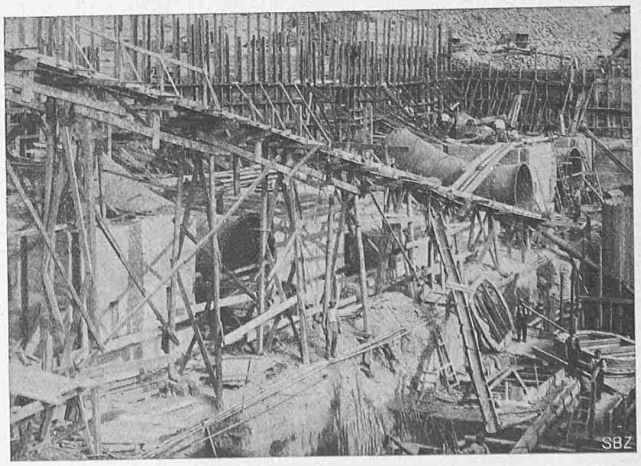


Abb. 77. Rohrkrümmer beim Eintritt ins Turbinenhaus (8. Aug. 1913).

[1]) Formeln (6) und (7) in meinen „Dampfturbinen" Seite 294 ergaben in der Tat $y = \frac{e_0}{2}\left[\frac{\mathrm{Cosh}\, k x}{\mathrm{Cosh}\, k l} + \frac{\cos k x}{\cos k l} - 2\right]$, also für die Mitte ($x = 0$), wenn der kritische Wert $\cos k l = 0$ ausgeschlossen wird, stets endliche Beträge. Dabei ist zu bemerken, dass die Konstantenbestimmung für die ungerade Funktion a. a. O. S. 295 Gl. (7a) auch bei endlichen Werten der Exzentrizität e_0 gilt, falls man diese in der einen Hälfte nach oben, in der andern nach unten gerichtet annimmt.