

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 69/70 (1917)  
**Heft:** 21

**Artikel:** Die Wasserkraftanlagen Tresp und Seros der Barcelona Traction, Light & Power Co.  
**Autor:** Huguenin, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-33974>

### **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:** 13.03.2025

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

Vom Bau der Druckleitung  
zur Kraftzentrale Seros.

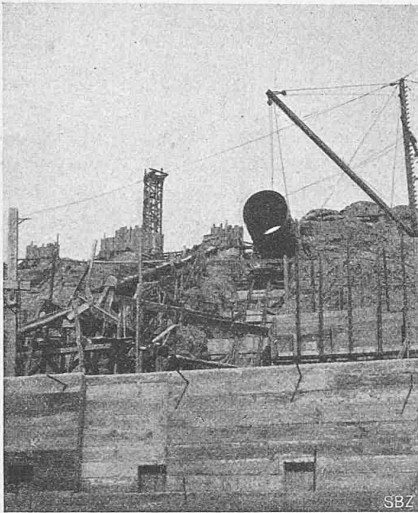


Abb. 79. Montieren der Rohrleitungen.

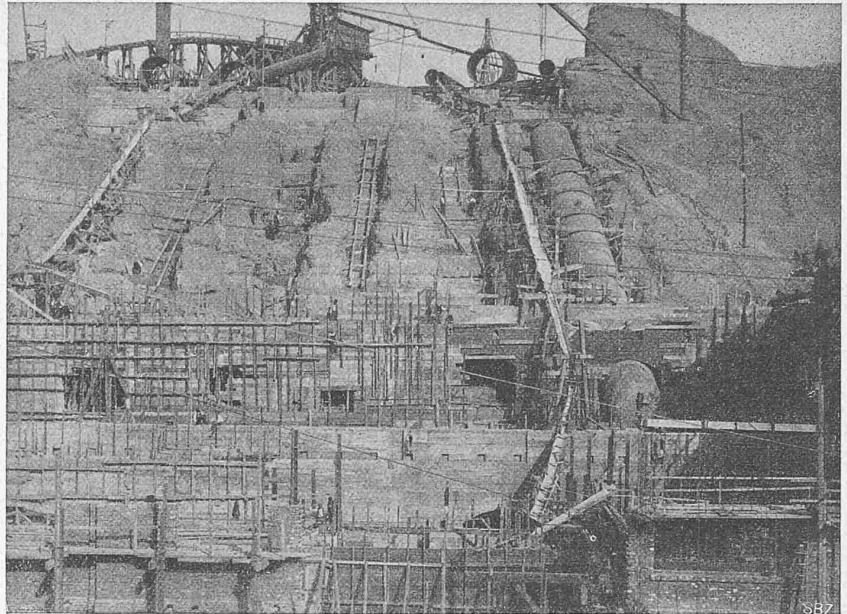


Abb. 78. Die Rohrbahn von unten gesehen; Stand der Arbeiten am 18. Oktober 1913.

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 Treppe 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 Einlassschütze 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

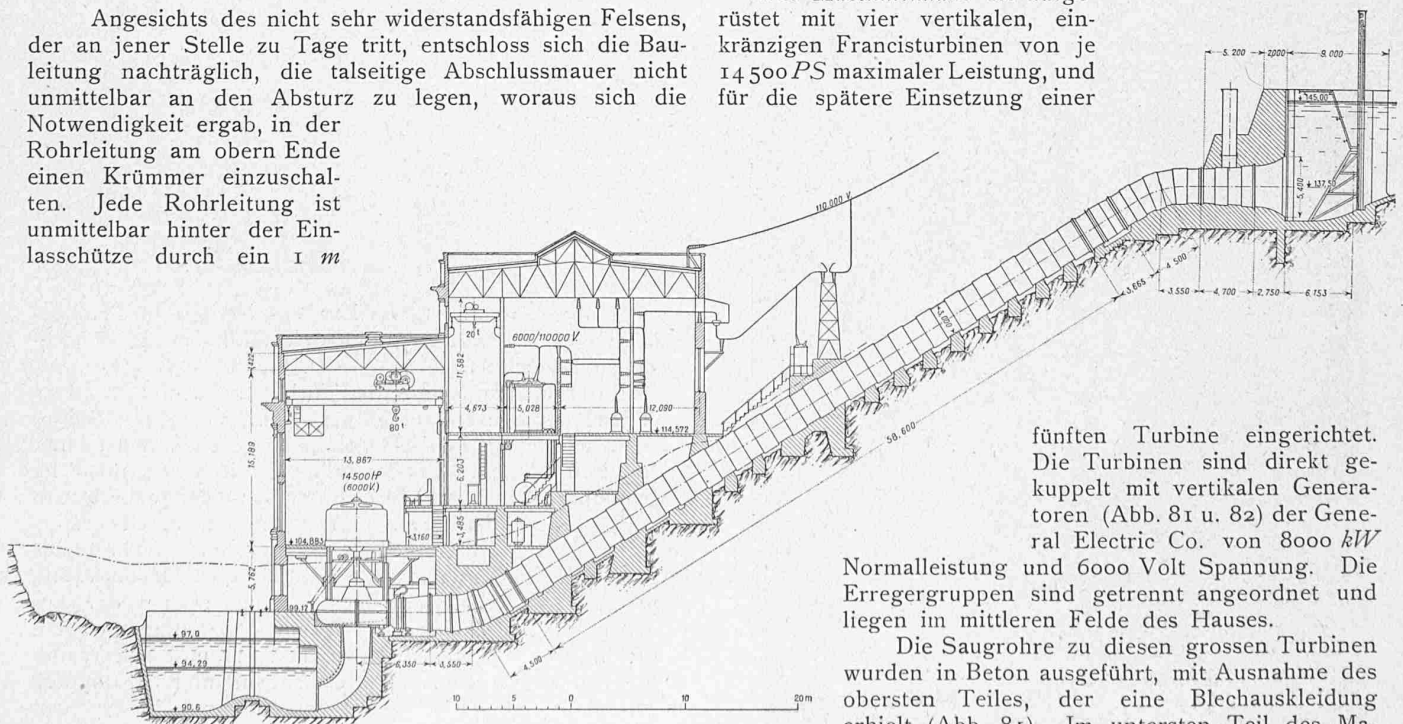


Abb. 74. Querschnitt des Maschinenhauses, samt Druckleitung und Wasserschloss. — 1 : 600.

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

eigentliche Schlitz 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

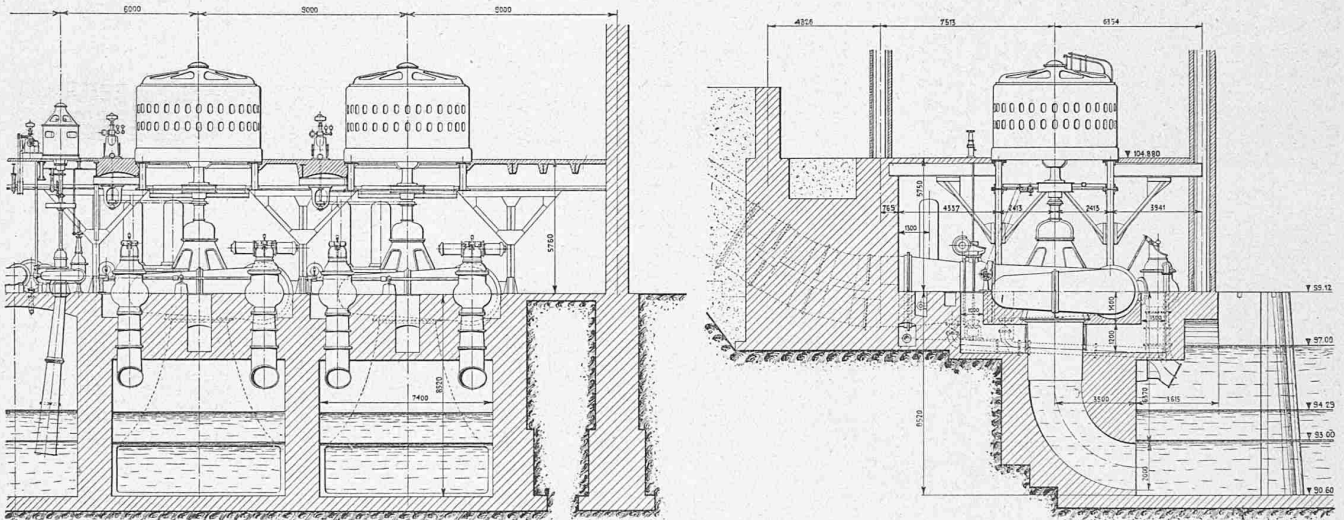


Abb. 81. Anordnung der Turbinen und Generatoren in der Zentrale Seros.

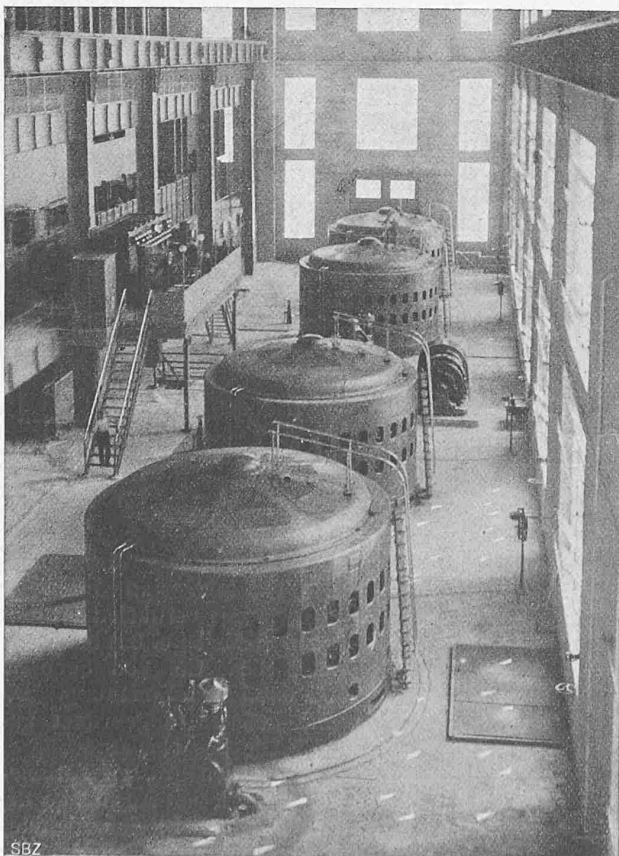
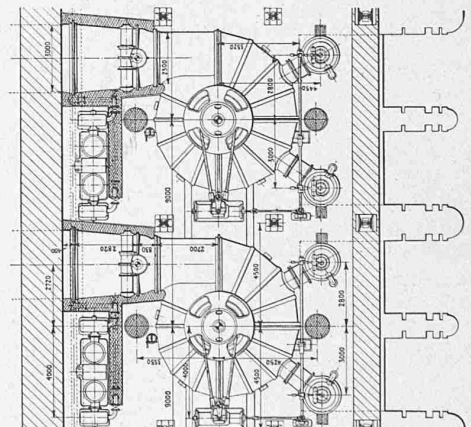


Abb. 82. Blick vom Kranführerstand in den Generatorensaal.

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 oberen



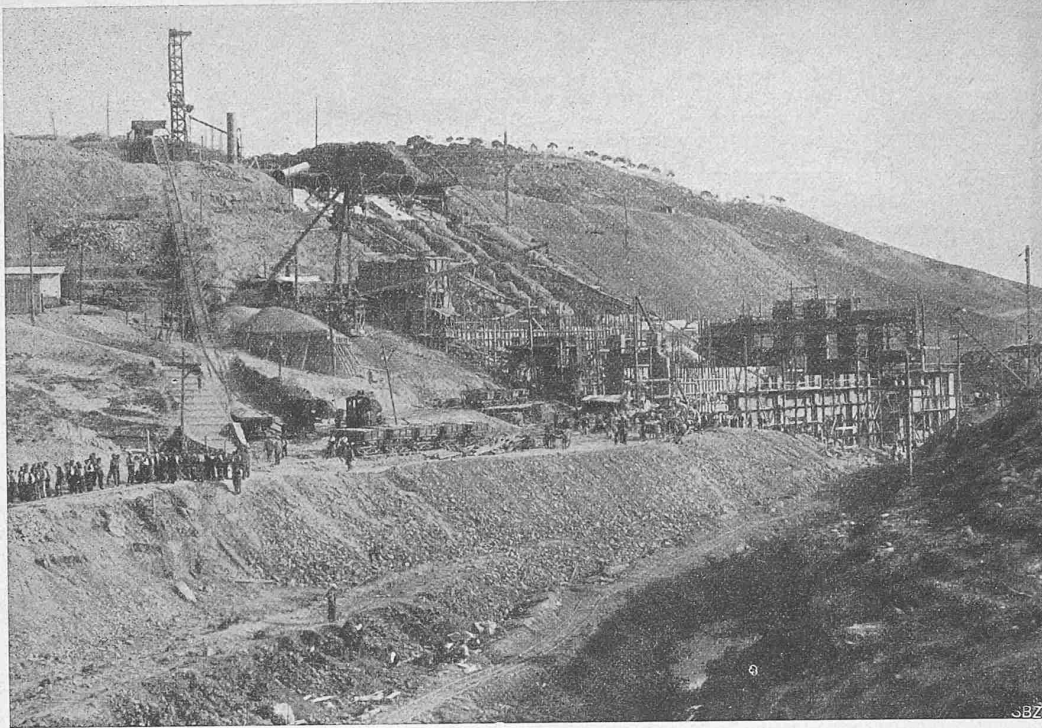


Abb. 76. Die Baustelle von Wasserschloss, Druckleitung und Maschinenhaus am 18. Oktober 1913.

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<sup>1)</sup>. 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 aufräte, 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 selbstständig aufzutreten 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 4c 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 5a, bleibt hingegen der Halbierungspunkt der Wellenlänge fast völlig ruhig, die Welle bildet eine leicht geschwungene Sinuslinie und zeigt keinerlei An-

<sup>1)</sup> Formeln (6) und (7) in meinen „Dampfturbinen“ Seite 294 ergaben in der Tat  $y = \frac{e_0}{2} \left[ \frac{\cosh kx}{\cosh kl} + \frac{\cos kx}{\cos kl} - 2 \right]$ , also für die Mitte ( $x=0$ ), wenn der kritische Wert  $\cos kl=0$  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.

zeichen 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 Ex-

zentrität 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

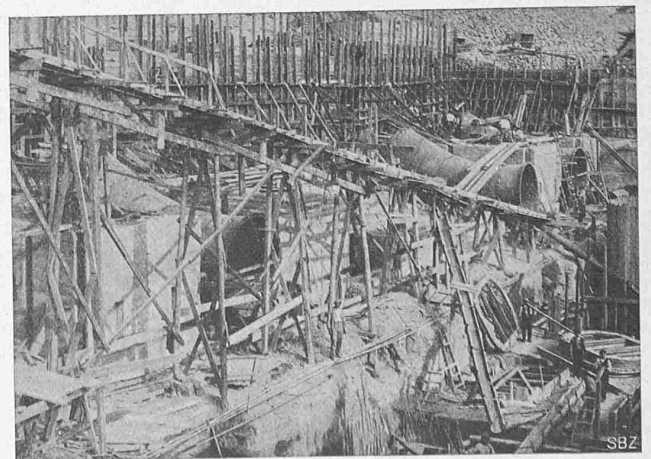


Abb. 77. Rohrkrümmer beim Eintritt ins Turbinenhaus (8. Aug. 1913).