

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 33/34 (1899)  
**Heft:** 21

**Artikel:** Die elektrische Kraftübertragungs-Anlage Paderno d'Adda-Mailand  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-21341>

### **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:** 20.01.2026

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

INHALT: Die elektrische Kraftübertragungs-Anlage Paderno d'Adda-Mailand. II. — Noch einige Bemerkungen über die von Herrn Prof. Dr. W. Ritter vorgeschlagene Berechnungsweise der Betonträger mit Eiseneinlagen. — Umbau des Rathauses in Luzern. — Wettbewerb für ein eidg. Post-, Telegraphen- und Zollgebäude in Chur. — Miscellanea: Die

Acetylen-Industrie in Deutschland. Die feierliche Eröffnung der Neubauten der technischen Hochschule in Karlsruhe. — Konkurrenzen: Typische Fassaden-Entwürfe von Neu- und Umbauten für Geschäftshäuser in Bern. — Nekrologie: † Jakob Schneider. — Vereinsnachrichten: Verein schweiz. Cement-, Kalk- und Gipsfabrikanten. Gesellschaft ehemaliger Polytechniker.

## Die elektrische Kraftübertragungs-Anlage Paderno d'Adda-Mailand.

II. (Fortsetzung von S. 171.)

**Turbinen.** Da der Unterwasserspiegel sich um beinahe 4 m verändert, so mussten Reaktionsturbinen mit Sauggefälle angewendet werden. Die konstante Druckhöhe beträgt 23 m und die Saughöhe schwankt zwischen 2 und 6 m, je nach dem Wasserstand im Fluss bei Hoch- oder Niederwasser. Es befinden sich daher sowohl die Turbinen als die Dynamos, auch beim grössten Hochwasser, immer noch über dem Wasserspiegel.

Wie anfangs bemerkt, wurden diese Turbinen von der Maschinenfabrik Riva Monneret & Co. in Mailand ausgeführt; es sind radiale Zwillingsturbinen mit äusserer Beaufschlagung und innerem gemeinsamem achsialem Ausfluss, System Francis mit horizontaler Achse (siehe Fig. 9 S. 187).

Die Zuleitung des Wassers erfolgt schräg von unten her in das cylindrische Gehäuse von 3,20 m Durchmesser und 2,96 m Länge. Fig. 4 (S. 170 Nr. 19) zeigt die Anordnung des in Beton ausgeführten Saugrohrs.

Die Hauptdaten für jede der sieben Turbinen sind:

		Niederwasser	Hochwasser
Nützliches Gefälle . . . . .	Meter	28,82	24,17
Wassermenge pro Sekunde . . . .	Liter	7500	8700
Effektive Leistung . . . . .	P. S.	2160	2160
Äusserer Durchmesser des Laufrades	1,550 m.		
Umdrehungen pro Minute	180.		

Die Lager der Turbinen befinden sich vollständig ausser Wasser und können demnach jederzeit während des Ganges besichtigt werden; auch ist die ganze Turbine leicht demontierbar, Vorteile, die bei solchen Anlagen mit ununterbrochenem Betriebe von ganz besonderer Wichtigkeit sind.

**Regulierung.** Die Regulierung dieser Turbinen geschieht vermittelt eines schmalen Schaufelrades (Patent Riva-Zodel), welches sich zwischen dem Leit- und Laufrad konzentrisch bewegt. Bei einer kleinen Drehung öffnet oder schliesst es zu gleicher Zeit sämtliche Mündungen der Leitradkanäle (siehe Fig. 11 S. 187), ohne dadurch den Nutzeffekt der Turbine wesentlich zu beeinträchtigen.

Dieses Regulierbad wird von einem automatischen Centrifugalregulator mit hydraulischem Servomotor der Firma Ganz & Cie. in Budapest bethätigt (Fig. 10 S. 187). Die

Servomotoren oder Kolbenschieber erhalten nach Fig. 3 (S. 169 Nr. 19) das Druckwasser mittels besonderer Rohrleitung aus einem über und neben dem Wasserreservoir angebrachten Filterbassin. Die gegebene Garantie für Gleichförmigkeit des Ganges beträgt 2% bei normalem Gange, und 4% bei Kraftschwankungen von 25%.

**Ueberlauf.** Auch der Ueberlauf war Gegenstand specieller Studien; man musste erstens darauf Bedacht nehmen, den Oberwasserspiegel möglichst konstant zu erhalten; zweitens musste ein Zerstäuben des Wassers vermieden werden, was grosse Feuchtigkeit der Luft zum Schaden der elektrischen Maschinen und Apparate erzeugt hätte.

Fig. 12 (S. 188) und Fig. 3 (S. 169) zeigen die originale und glückliche Lösung dieser Aufgabe, wie sie durch Ing. Milani ausgeführt wurde. Seitlich vom Wasserreservoir J befindet sich dieser Ueberfall K; derselbe ist 30 m breit und hat, aus einer Menge einzelner Ueberfälle bestehend, auf diese Weise eine Gesamtlänge von 110 m erhalten. Wird nun eine Turbine, entsprechend 7500 l, abgestellt, so hebt sich der Wasserspiegel im Reservoir um bloss 0,13 m. Wenn die Hälfte der ganzen Anlage schnell abgestellt werden müsste, etwa wegen Schädigung der Leitung durch Blitzschlag, so würde die Ueberfallhöhe erst 0,28 m betragen. Die Notwendigkeit, die ganze Anlage auf einmal ausser Betrieb setzen zu müssen, ist nicht denkbar, da die Drahtleitung aus zwei ganz von einander unabhängigen Teilen hergestellt ist.

Dem Zerstäuben des Wassers wird in folgender Weise vorgebeugt: Die ganze Höhe von etwa 28 m ist in 11 Stockwerke von je 2,50 m Höhe eingeteilt; jedes derselben bildet ein Bassin und es sind dieselben unter sich durchsyphonförmige Kanäle verbunden. In jedem Stockwerk sind jeweils 18 solcher syphonartiger Kanäle neben einander vorhanden, von denen jeder einen m<sup>3</sup> Wasser, also insgesamt 18 m<sup>3</sup> pro Sekunde abführen kann. So lange also nicht mehr als zwei Turbinen ausser Betrieb gesetzt werden, findet nur im obersten Bassin ein wirklicher Ueberfall statt; in allen andern tritt das Wasser unten aus und erzeugt somit keinen Wasserstaub.

## IV. Elektrische Einrichtung.

**Generatoren.** Die Konstruktion dieser Maschinen bei der hohen Spannung von 13500 Volt schien sehr gewagt und erst nach langen und schwierigen Unterhandlungen hat die Società Edison in Mailand der Firma Brown Boveri & Cie.

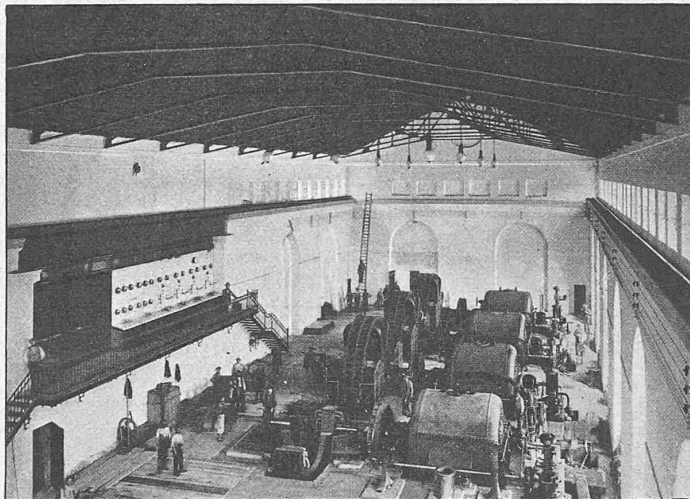


Fig. 17. Ansicht des Maschinensaals in Paderno während der Montage.

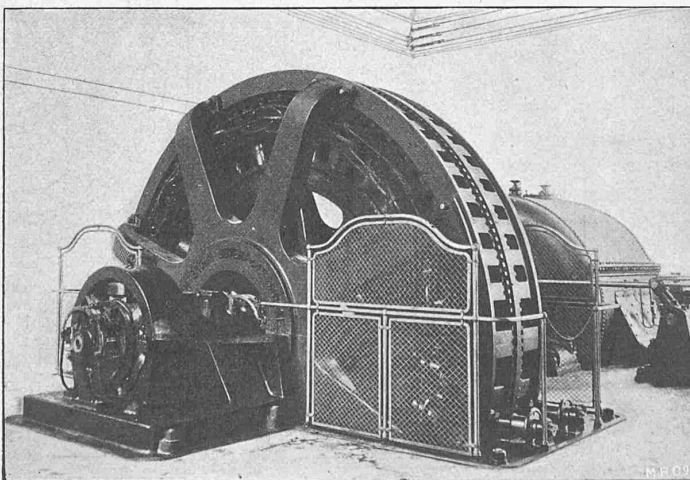


Fig. 13. Ansicht des Dreiphasen-Generators.

## Die elektrische Kraftübertragungs-Anlage Paderno d'Adda-Mailand.

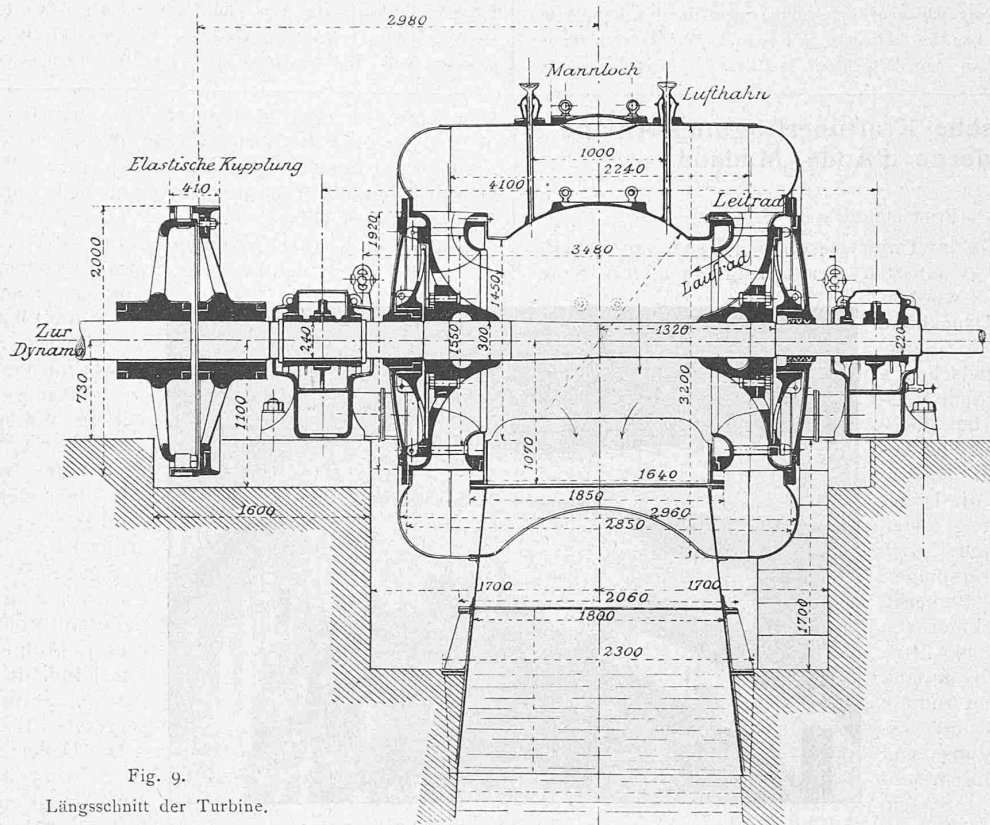


Fig. 9.  
Längsschnitt der Turbine.  
1:50.

in Baden die Lieferung der vier ersten Generatoren und der Schaltbretter dieses Werkes übertragen.

Die Dreiphasen-Wechselstrom-Maschine von 2160 P.S.

leistet 38 kw max. Die Maschine hat zwei eigene Lager und ist mittelst einer elastischen Zodelkuppelung mit der Turbine verbunden.

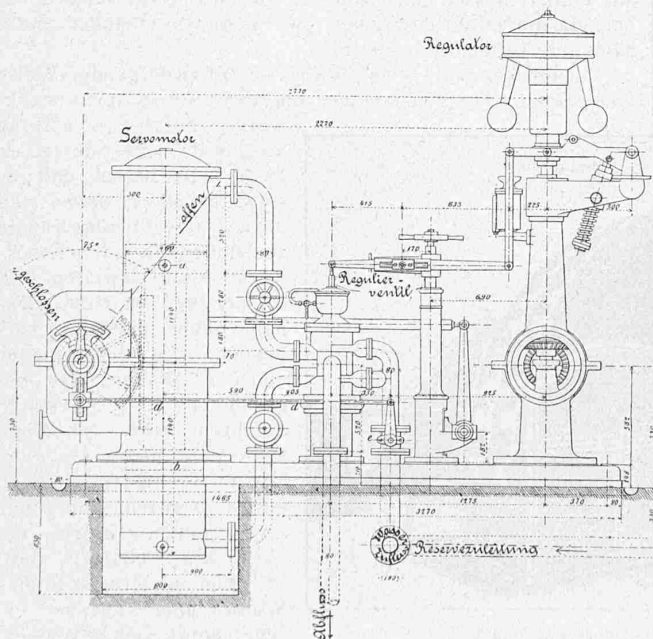


Fig. 10. Regulator Servomotor Ganz 1:40.

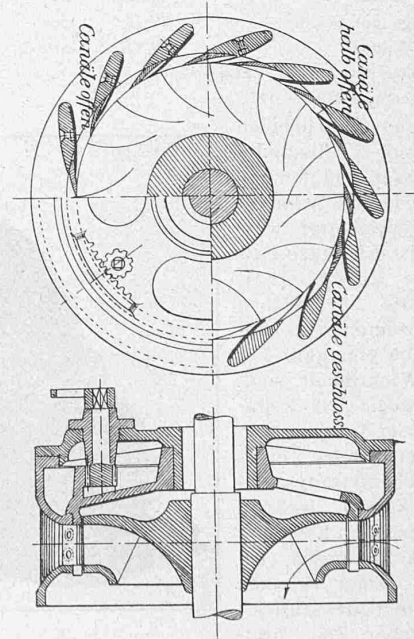


Fig. 11. Schema des Regulierrades 1:50.

(Fig. 13-16 S. 186 u. 188-190) besitzt stehende Armatur und rotierendes Magnetfeld; die direkt angebaute Erregerdynamo mit sechs Polen und einer Serientrommelarmatur

Die Armatur ist, nach der bekannten Brown'schen Anordnung, von einem System von acht Armen auf jeder Seite getragen, was eine exaktere Centrierung und eine bessere





Grosse Aufmerksamkeit wurde der schwierigen Konstruktion der Hochspannungsapparate geschenkt. Die Sicherungen sind nach dem Röhrentypus mit durchgezogenem Schmelzdraht gebaut; die Konstruktion derselben basiert auf den Versuchen, welche vor mehreren Jahren von der Firma Brown, Boveri & Cie. für die Centrale in Frankfurt a. M., sowie auf den guten Erfahrungen, welche in der letzten Zeit überhaupt mit solchen Hochspannungsapparaten gemacht worden sind. Diese Sicherungen wurden im Kurzschluss der Generatoren bis zu 350 Amp. und 16 500 Volt probiert und ergaben befriedigende Resultate.

**Die elektrische Kraftübertragung**

Die schwierige Frage, so starke Ströme bei so hoher Spannung gefahrlos auszuschalten, wurde in einfacher Weise gelöst, und zwar bestehen die Hochspannungsausschalter aus Hauptkontakten (Schneiden und Kupferfedern) für den Strom, während sich im Nebenschluss zu den letzteren eine Reihe von kleinen Federausschaltern in drei Oelgefässen befinden. Im Moment des Ausschaltens öffnen sich die Kontakte in der Luft, und der volle Strom geht dann durch die Ausschalter in Oel, wo er gleich an vier Punkten pro Phase unterbrochen wird. Diese Ausschalter wurden mehrmals bei verschiedenen Belastungen bis 80 Amp. 14 000 Volt, sowohl auf Wasser, wie auf einen untererregten Generator, also bei phasenverschobenem Strom versucht. Das Ausschalten ging stets in der vollkommensten Weise vor sich; der grösste im Oel beobachtete Unterbrechungsfunken überstieg nie die Länge von ungefähr 3 cm pro Schneide.

Im Verteilungssystem des Stromes in dieser Centrale wurde wie in demjenigen in Mailand, das Princip der doppelten Sammelschienen ausgeführt. Die zwei Betriebe von Licht und Kraft können auf diese Weise zu jeder Zeit und je nach Bedarf getrennt oder parallel geschaltet werden.

Diese Sammelschienen bilden zusammen mit denjenigen für die abgehenden Leitungen einen Ring, welcher bei jedem Feld unterteilt werden kann, so dass die Reinigung und event. andere Arbeiten an den einzelnen Schalttafeldern ohne Gefahr auszuführen sind. (Schluss folgt.)

Noch einige Bemerkungen über die von Herrn Prof. Dr. W. Ritter vorgeschlagene Berechnungsweise der Betonträger mit Eiseneinlagen.

Die in den Beispielen 1 und 2 durchgeführten statischen Berechnungen (Bautzg. vom 11. Februar d. J.) geben, unseres Erachtens, Anlass zu folgenden Berichtigungen, auf die wir wegen der bedeutenden Unterschiede in den Resultaten glauben aufmerksam machen zu müssen.

Wenn in der S. 50 behandelten Platte von 10 cm Dicke, mit Rund-eisenstäben von 1,4 cm Durchmesser für einen Streifen von 20 cm Breite, sämtliche Zugspannungen dem Eisen überwiesen werden sollen, so muss auch die neutrale Achse dieser Annahme gemäss ermittelt werden. Wenn der Abstand derselben von der Oberkante mit  $n$  bezeichnet wird, so erhält man aus

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \cdot 20 n^2 &= \\ &= 1,54 \cdot 10(8 - n) \\ n &= 2,82 \text{ cm} \end{aligned}$$

also für die Druckspannung im Beton

$$\sigma_d = \frac{10120.2}{20.2,82 (8^{-1/3} \cdot 2,82)} = 51 \text{ kg/cm}^2,$$

anstatt  $31 \text{ kg/cm}^2$ , und  
für die Zugspannung  
im Eisen

$$\sigma_e = \frac{10120}{1,54 (8 - 1/3 \cdot 2,82)} = 931 \text{ kg/cm}^2,$$

anstatt  $1050 \text{ kg/cm}^2$  nach  
der Berechnungsweise  
des Herrn Prof. Ritter.

Auch für das zweite Beispiel (S. 51) ergeben sich nicht zu unterschätzende Differenzen.

Für den vollen Betonquerschnitt und den zehnfachen Eisenquerschnitt fällt die neutrale Achse in die Unterkante der Decke und bei der im Beton gefundenen Druckspannung von  $20 \text{ kg/cm}^2$  erhält man für die Zugspannung im Be-

$$\text{ton} \frac{20 \cdot 25}{10} = 50 \text{ kg/cm}^2$$

und für die mittlere Spannung im Eisen  $\frac{20 \cdot 20 \cdot 10}{10} = 400 \text{ kg/cm}^2$ ,  
wogegen Herr Ritter für letztere Spannung  $1084 \text{ kg/cm}^2$  findet.  
Zu diesem Resultat gelangt Herr Prof. Ritter, indem er das  
Biegemoment durch das Moment des Eisenquerschnitts  
mit Bezug auf den Angriffspunkt der Druckkräfte dividiert:  
 $\frac{358400}{26,67 \cdot 2,62} = 1084$ . Dabei werden also die Zugspannungen  
im Beton nicht berücksichtigt, während dieselben zur Be-  
rechnung der neutralen Achse mit herangezogen wurden.  
Der Grund dieser Vernachlässigung ist schwer begreiflich.

Für die Berechnung bei Vernachlässigung der Zugkräfte im Beton, unter der Voraussetzung, dass Risse ein-

Die elektrische Kraftübertragungs-Anlage Paderno d'Adda-Mailand.

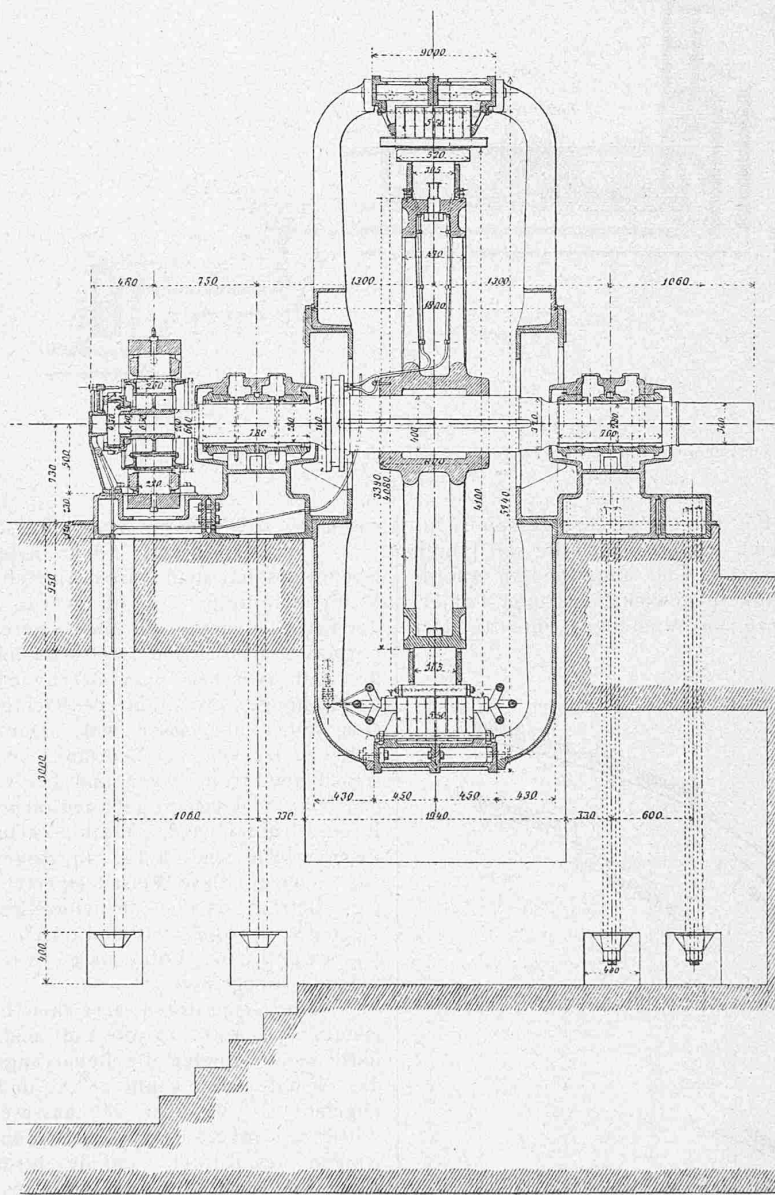


Fig. 15. Längsschnitt durch Generator und Erregerdynamo. 1 : 50.



