

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. — Konkurrenz: 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 Saugrohres.

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
Ausserer 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 Gange 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 vermittelst 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 Regulierrad wird von einem automatischen Centrifugalregulator mit hydraulischem Servomotor der Firma Ganz & Cie. in Budapest betrieben (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 originelle 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 durch syphonförmige Kanäle verbunden. In jedem Stockwerk sind jeweilen 18 solcher syphonartiger Kanäle neben einander vorhanden, von denen jeder einen m^3 Wasser, also insgesamt 18 m^3 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 Wasserdampf.

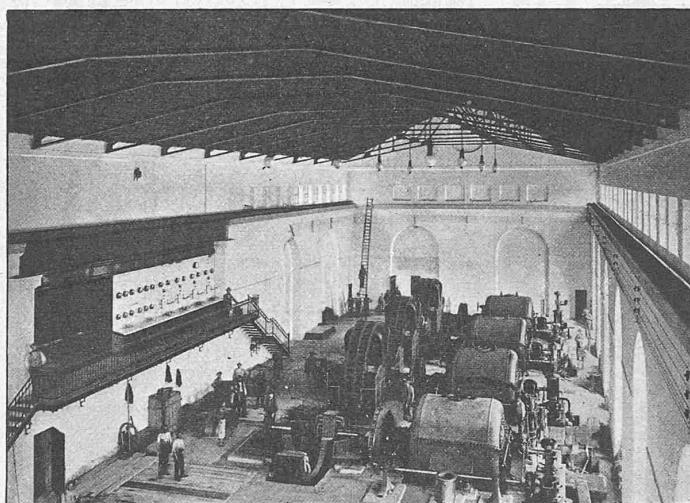


Fig. 17. Ansicht des Maschinensaals in Paderno während der Montage.

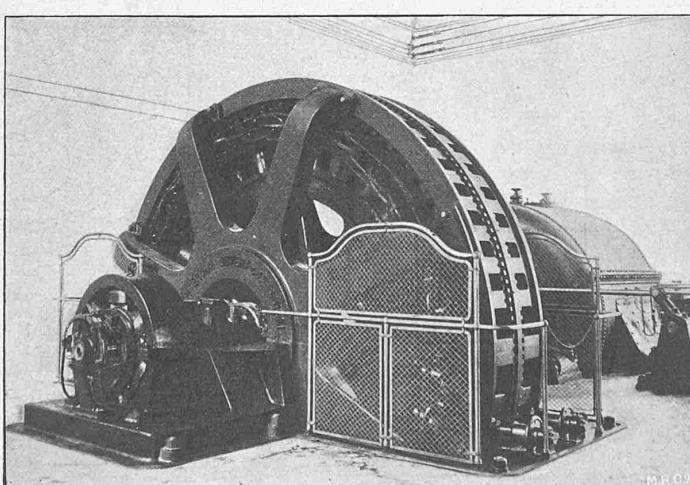


Fig. 13. Ansicht des Dreiphasen-Generators.

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.

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

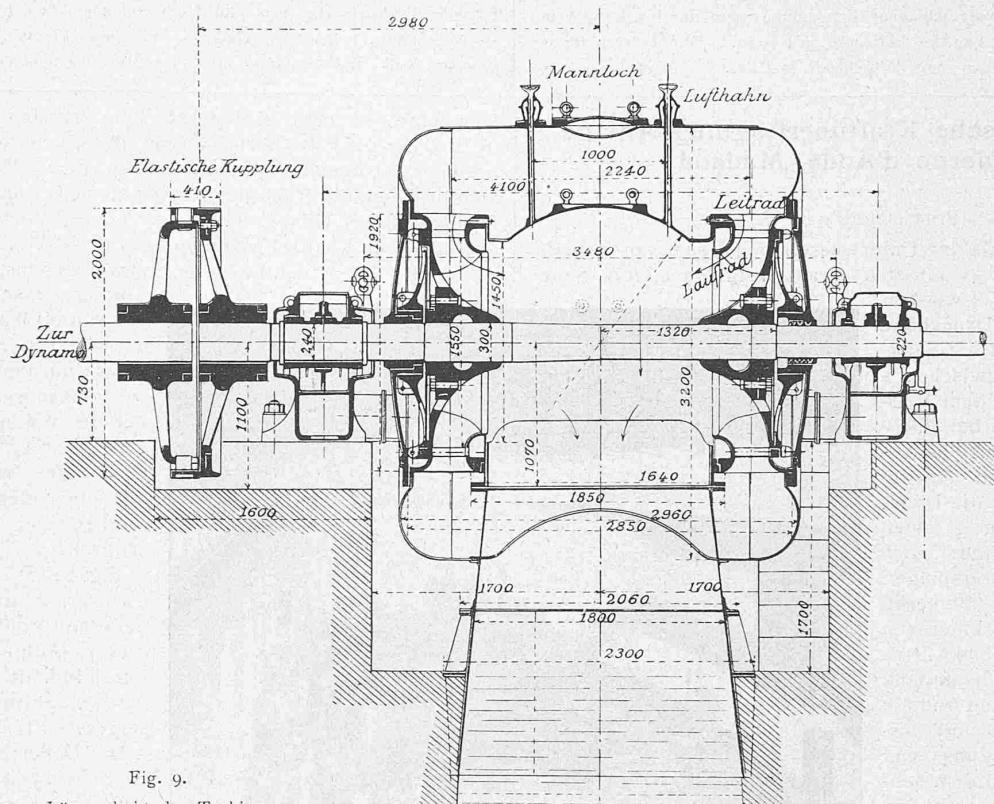


Fig. 9.
Längsschnitt der Turbine.
1 : 50.

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.

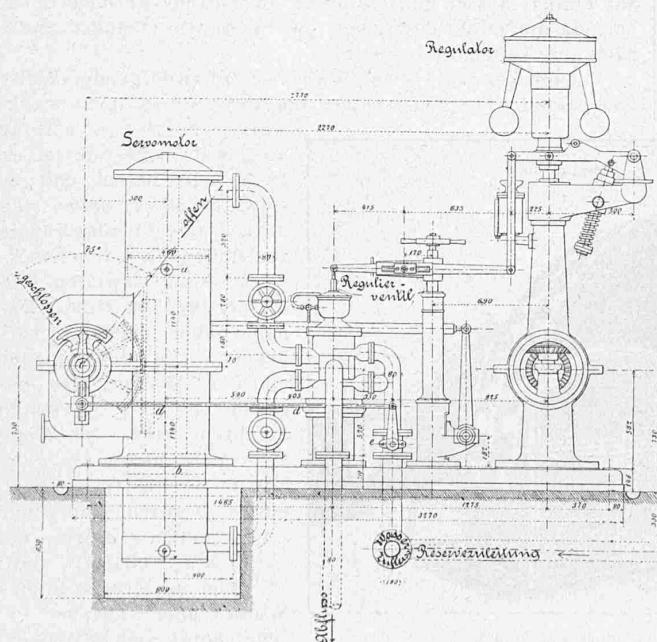


Fig. 10. Regulator Servomotor Ganz 1:40.

(Fig. 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

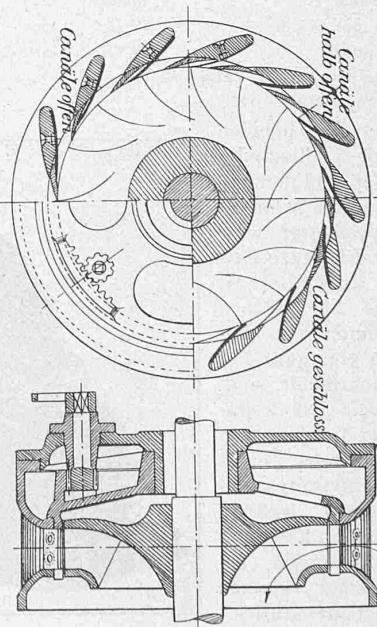


Fig. 11. Schema des Regulierrades 1:50.

Kontrolle der Wickelung erlaubt, indem die Armatur auf diese Weise um geeignete cylindrische Tragringe der Lager leicht drehbar ist. Vier horizontale, in entsprechenden Lagenungen der Fundationsplatte drehbare Schraubenbolzen dienen dazu, das Armaturgehäuse seitlich festzuhalten. Die Wickelung ist durch runde, nahtlose Röhren durchgezogen. Diese speziellen Isolierrohre wurden vorher sechs Stunden lang mit 30 000 Volt auf Isolation probiert. Die Spulen öffnen sich in ihrem äusseren Teil in verschiedene Abteilungen und bieten so der Luft eine grössere Oberfläche dar, was die Abkühlung des Kupfers kräftig unterstützt.

Das rotierende Magnetfeld wird von einem Schwungrad aus Stahl gebildet, das aus einem einzigen Stück gegossen ist; an seinem Umfange sind 28 runde Pole aus Flusseisen mit lamellierten Polschuhen befestigt. Jeder Pol trägt eine Erregerspule aus Kupferband (3.32 mm), welch' letzteres, nach der seit Jahren von der Firma Brown Boveri & Cie. angewandten Anordnung, hochkant um den Polkern gewickelt ist und Papierisolation zwischen den einzelnen Windungen enthält. Der

pères pro Phase bei $\cos \varphi = 1$, und von 79 Ampères bei $\cos \varphi = 0,8$. Da nun die Hochspannungsleitung nach Mailand in zwei Hälften geteilt ist, jede mit besonderen Trägern, so sind die Generatoren so dimensioniert, dass sie für den Fall der Ausserbetriebsetzung einer Leitungshälfte und der Notwendigkeit, die ganze Energie auf die andere Hälfte zu übertragen, eine Spannung von etwa 15 000 Volt mit einer Belastung von 73,5 Amp. pro Phase bei $\cos \varphi = 0,8$ erzeugen und so den grösseren Spannungsabfall kompensieren können.

In Fig. 14 ist die Spannungskurve eines dieser Generatoren bei Leerlauf dargestellt, sowie bei Wasserbelastung mit 64,5 Amp., und die gerechneten Spannungskurven bei verschiedenen Belastungen und $\cos \varphi = 0,8$. Der Spannungsabfall bei $\cos \varphi = 1$ und 64,5 Amp. Belastung pro Phase beträgt 5% und bei

$\cos \varphi = 0,8$ und 79 Amp. Belastung pro Phase 16,4%.

Den Leerlaufverlust des von der Turbine abgekuppelten Generators hat man durch Antrieb der Erregerdynamo als Motor ermittelt. Hierauf wurde der Generator mittelst der Erregerdynamo auf eine höhere Umdrehungszahl als die normale getrieben und die Geschwindigkeitskurve als Funktion der Zeit, zwischen einer Geschwindigkeit von 190 und 155 Umdrehungen pro Minute beobachtet, während der Generator sich selber überlassen war. Durch Vergleich der so erhaltenen Kurven bei Leerlauf, bei Kurzschluss unter verschiedenen Stromstärken und bei verschiedenen Erregungen (separat und konstant gehalten) ermittelte man die Leerlauf-, Eisen-, Kupfer- und Foucault-Verluste. Die Leerlauf- und Eisenverluste sind in Fig. 14 eingetragen.

Der auf diese Weise festgestellte Nutzeffekt des Generators beträgt 95,1% bei einer Belastung von 64,5 Amp. 13 500 Volt $\cos \varphi = 1$, und 93,4% bei einer Belastung von 79 Amp. 13 500 Volt $\cos \varphi = 0,8$, Arbeit der Erregerdynamo inbegriffen.

Die Generatoren erreichen bei gegenseitiger Vollbelastung (79 Amp. 13 500 Volt und $\cos \varphi =$ etwa 0) innerhalb sechs Stunden die Beharrungstemperatur, welche für das Armatureisen kaum 28° C. und für die Armaturespulen ungefähr 15° C. über der äusseren Temperatur ist. Die mittlere Temperatur der Isolierrohren steht zwischen denjenigen des Kupfers und des Eisens und berechtigt daher zu vollem Vertrauen bezüglich des Verhaltens der Röhren. Um die Güte der Isolierung dieser Maschinen, sowie die grosse Sicherheit zu beweisen, mit welcher die hohe Spannung in denselben erzeugt werden kann, wird es genügen, zu erwähnen, dass auf Veranlassung der liefernden Firma ein solcher Generator durch eine kleine Erhöhung der Umdrehungszahl bei voller Erregung während einiger Zeit auf die enorme Spannung von 20 000 bis 21 000 Volt gebracht wurde.

Schaltbretter und Schaltanordnung. Fig. 17 (S. 186) stellt das Bild des Maschinensaals während der Montage dar. Die Generatoren-Schalttafeln und die Sammelfelder befinden sich hoch über dem Boden und in einer Stellung, von wo aus der gesamte Raum gänzlich überblickt werden kann. Hinter diesen Tafeln befindet sich die Reihe der Schalttafeln für die abgehenden Leitungen.

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

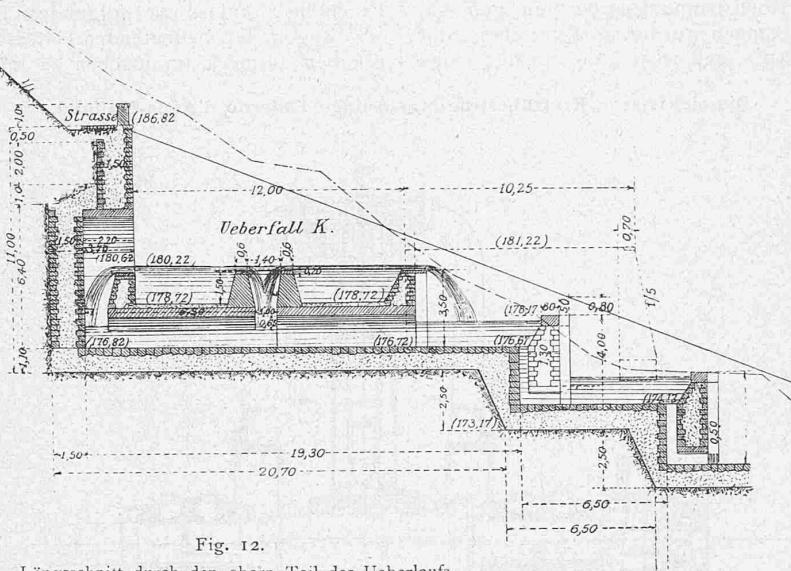


Fig. 12.
Längsschnitt durch den oberen Teil des Ueberlaufs.

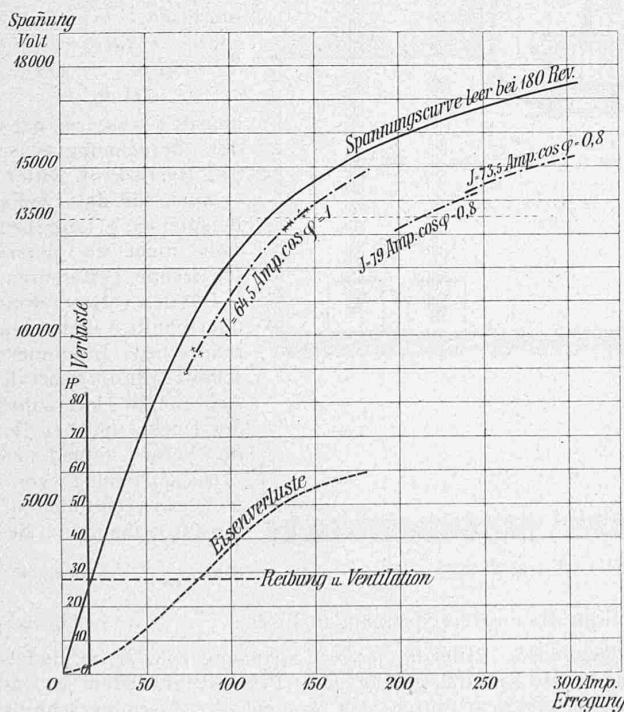


Fig. 14. Spannungskurve eines Generators von 2160 P. S. bei 180 Umdr. 42 Perioden pro Sek., 13 500—15 000 Volt.

innere Armaturdurchmesser beträgt 4,100 m, der äussere Maschinendurchmesser 5,140 m.

Die Generatoren liefern bei 180 Umdrehungen per Minute Dreiphasenstrom bei 42 \sim und einer Klemmenspannung von 13 500 Volt, mit einer Belastung von 64,5 Am-

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 16500 Volt probiert und ergaben befriedigende Resultate.

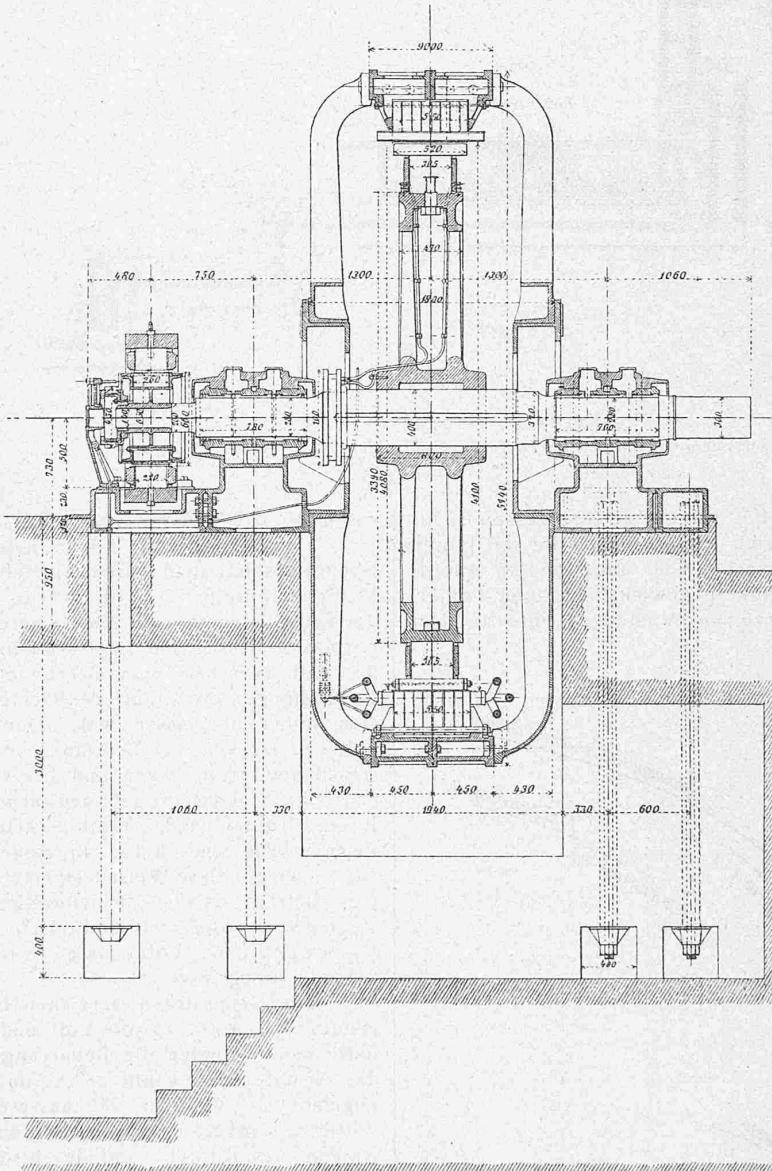
Die schwierige Frage, so starke Ströme bei so hoher Spannung gefahrlos auszuschalten, wurde in einfachster Weise gelöst, und zwar bestehen die Hochspannungsausschalter aus Hauptkontakte (Schneiden und Kupferfedern) für den Strom, während sich im Nebenschluss zu den letzteren eine Reihe von kleinen Federausschaltern in drei Oelgefassen 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. 14000 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 Unterbrechungsfunktion überstieg nie die Länge von ungefähr 3 cm pro Schneide.

Im Verteilungssystem des Stromes in dieser Centrale wurde wie in demjenigen in Mailand, das Prinzip 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 Schalttafelfeldern ohne Gefahr auszuführen sind. (Schluss folgt.)

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



getreten sind, berechnet Herr Prof. Ritter bei dem zweiten Beispiel die Lage der neutralen Achse ohne Berücksichtigung des Betonquerschnitts unterhalb dieser Achse: das beim ersten Beispiel angewandte Verfahren wird hier also aufgegeben. — Die Lage der neutralen Achse wird erhalten aus der Gleichung der Querschnittsmomente; aber anstatt $150 n^2 = 2 \cdot 10 \cdot 12,4 (35 - n - 5)$, woraus sich $n = 6,26 \text{ cm}$ ergibt, setzt Herr Prof. Ritter

$$150 n^2 = 3 \cdot 10 \cdot 12,4 (35 - n - 5) \text{ und erhält } n = 7,47 \text{ cm.}$$

In der Gleichung der Zug- und Druckkräfte ist der Abstand des Angriffspunktes der Druckkräfte von der neu-

der Beton auf Zug mitwirke, und nachher dessen Zugspannungen dennoch dem Eisen zuweise. Die Gründe, die mich zu diesem Rechnungsverfahren geführt haben, sind in meinem Aufsatze in der Hauptsache dargelegt; es würde zu weit führen, sie hier zu wiederholen. In der zweiten Hälfte seiner Bemerkungen geht Herr Ossent von der Annahme aus, dass die elastischen Formänderungen des Betons, auch nachdem auf der Zugseite Risse eingetreten sind, den wirkenden Spannungen proportional seien. Dass er sich hierdurch von der Wahrheit entfernt, anstatt sich ihr zu nähern, wird jeder einsichtige Leser erkennen. *W. Ritter.*

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

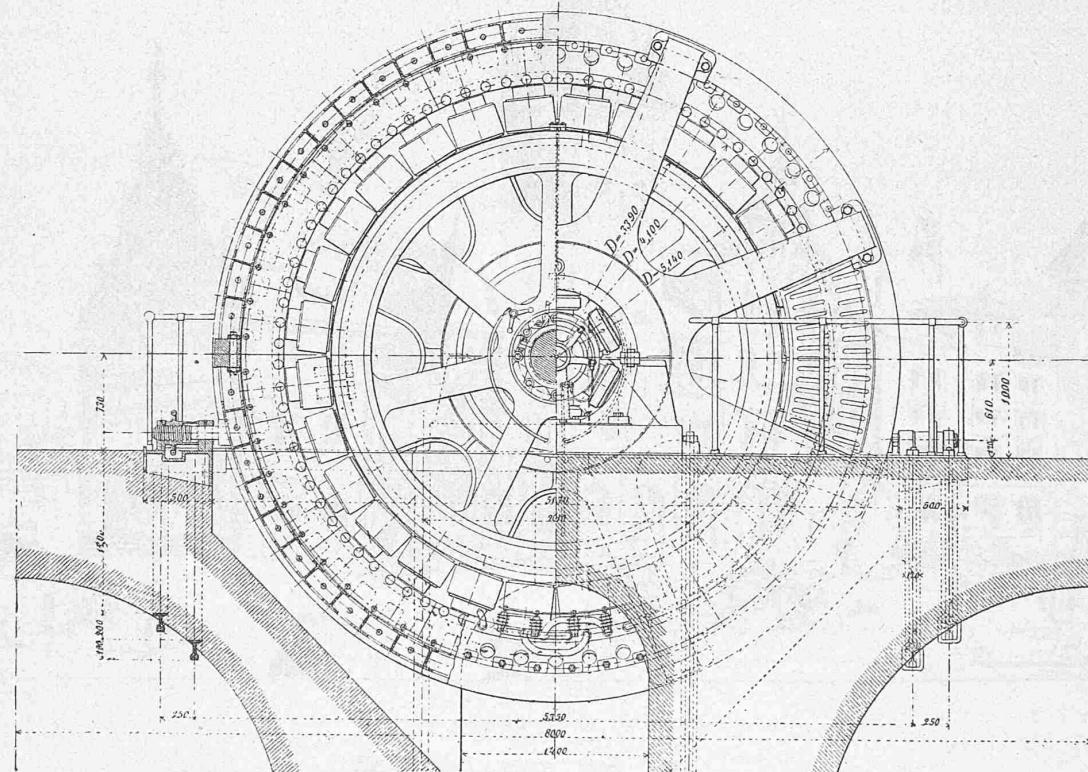


Fig. 16. Linke Hälfte Querschnitt durch den Dreiphasen-Generator, rechte Hälfte Ansicht vor der Erregerdynamo. 1:50.

Leistung 2160 P. S. (1590 kw), Umdr. pro Minute 180, Periodenzahl pro Sek. 42, Spannung 13500 Volt.

tralen Achse zu $7,47 - 2,8 \text{ cm}$ angenommen worden, während $\frac{2}{3} \cdot 7,47 = 7,47 - 2,49$ betragen würde, und mit dem berichtigten Wert von $n = 6,26$ erhält man

$$D = Z = 358400 : (35 - 2,09 - 5) = 12841 \text{ kg.}$$

Für die Ermittlung der Druckspannung setzt Herr Ritter

$$D = \frac{2}{3} \cdot 150 n \sigma_d \text{ anstatt } \frac{1}{2} \cdot 150 n \sigma_d$$

Diesen Berichtigungen zufolge würde man für die grösste im Beton auftretende Druckspannung erhalten $\sigma_d = \frac{2 \cdot 12841}{150 \cdot 6,26} = 27 \text{ kg/cm}^2$, während Herr Prof. Ritter nur auf 18 kg/cm^2 kommt.

Für die Spannung im Eisen hat man

$$\sigma_e = \frac{12841 \cdot 10}{12,4} = 1035 \text{ kg/cm}^2, \text{ anstatt } 1063 \text{ nach Herrn Prof. Ritter.}$$

Durch die von Herrn Prof. Ritter vorgeschlagene Berechnungsweise, die sich mit den üblichen Regeln und Formeln der Elastizitäts- und Festigkeitslehre schwer vereinbaren lässt, erhält man jedenfalls für die im Beton wirkenden Druckspannungen zu schwache Angaben und schien es daher angezeigt, auf diese Widersprüche aufmerksam zu machen.

Genf, den 14. Mai 1899. *Otto Ossent.*

Erwiderung auf die Bemerkungen des Herrn O. Ossent.

Herr Otto Ossent kritisiert in der ersten Hälfte seiner Bemerkungen, dass ich die neutrale Achse berechne, als ob

Umbau des Rathauses in Luzern.

In Luzern hat sich mit dem raschen Anwachsen der Bevölkerung schon seit längerer Zeit das Bedürfnis fühlbar gemacht, der Stadtverwaltung ein neues Heim zu schaffen. Nach dem erfolglos verlaufenen Wettbewerb für einen Neubau an der Löwenstrasse und am Falkenplatz sind infolge der privaten Ueberbauung dieser Plätze verschiedene Ideen aufgetaucht, um die Rathausfrage einer Lösung entgegenzuführen. Unter anderen hat ein Komitee Luzerner Bürger den Plan eines teilweisen Umbaus und einer Vergrösserung des alten Rathauses aufgenommen, in der Meinung, durch dieses Projekt gleichzeitig eine Restaurierung des architektonisch hervorragenden, aber leider sehr vernachlässigten Baudenkmales aus dem 17. Jahrhundert herbeizuführen. Die hier wiedergegebenen Darstellungen des Entwurfs, welchen Herr Architekt *Jacq. Gros* in Zürich im Auftrage erwähnten Komitees ausgearbeitet hat, verfolgen den Zweck, unseren Lesern die Kenntnis dieses Projektes zu vermitteln.

Nach dem Entwurf ist ein Umbau vorgesehen, mit thunlichster Schonung des Bestehenden, und ein Anbau auf der an das Gebäude anstossenden Liegenschaft. Angesichts der vorliegenden Grundrisse vom Erdgeschoss und ersten Stock sind weitere Erläuterungen über deren Anlage kaum nötig. Vom zweiten Stock aus, der auch beim bestehenden Gebäude