

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 49/50 (1907)
Heft: 5

Artikel: Grosse Turbinenanlagen, VIII. Wasserkraftanlage an der Etsch bei Verona
Autor: Zodel, L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-26669>

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: 15.05.2025

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

INHALT: Grosse moderne Turbinenanlagen. (Schluss.) — Ein Strassendurchbruch in St. Johann a. d. Saar. — Wettbewerb für einen Saalbau und die Ausgestaltung der Place de la Riponne in Lausanne. (Schluss.) — Die Krümmung der Spitalgasse beim Waisenhausplatz in Bern. — Miscellanea: Motorwagen der Linie Mailand-Varese-Porto Ceresio. Löttsch-

bergbahn. Stadtbaumeister A. Geiser. Das Kunstgewerbemuseum in Zürich. Mitglied des Regierungsrates von Basel. Der Umbau des Hotels Baur en ville in Zürich. — Nekrologie: † J. J. Merz. — Vereinsnachrichten: Bernischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur unter der Bedingung genauester Quellenangabe gestattet.

Grosse moderne Turbinenanlagen.

Von L. Zedel

von der A.-G. der Maschinenfabriken von Escher Wyss & Cie. in Zürich

VIII. Wasserkraftanlage an der Etsch bei Verona, mit Zentrale San Giovanni Lupatoto der Manifattura Festi-Rasini in Mailand.

(Schluss)

Die Turbinenanlage ist gebaut für vier Generatoren-turbinen von je 700 P.S. bei einem Nettogefälle von 5,7 m und zwei Erregerturbinen von je 60 P.S., wovon eine als Reserve dient (Abb. 6 [S. 45] und Abb. 7).

Vorläufig sind zwei Generatorengruppen und zwei Erregergruppen aufgestellt, die die angegebene Minimalwassermenge konsumieren. Die weiteren zwei Generatoreinheiten sollen aufgestellt werden, sobald durch Erstellung eines Wehres auch bei Niederwasser die doppelte Wassermenge in den Kanal geführt werden kann.

Das verhältnismässig kleine Gefälle, hauptsächlich aber die ausserordentlich grossen Niveaudifferenzen der

weisen alle insofern eine Komplikation auf, als wegen der Anordnung des Turbinenspurlagers unmittelbar unterhalb der Dynamo ein besonderer Boden erforderlich ist, wodurch das Gebäude um ein Stockwerk erhöht, daher nicht unwesentlich verteuert wird; ausserdem erfordert die maschinelle Einrichtung Einschaltung von Führungslager, Fundamentplatten, Wellenverlängerung usw.

Schon vor vielen Jahren, ganz im Anfange des Entstehens der hydroelektrischen Kraftwerke und als die horizontalachsige Turbine noch unbekannt war, habe ich versucht, die Turbinenlagerung über, bzw. auf der Dynamo anzuordnen. Es blieb aber beim Projekt. Die Idee stiess auf den Widerstand der Elektriker, die zunächst nichts davon wissen wollten, auf ihre Maschine einen so wesentlichen Teil der Turbine wie das Spurlager, den Zapfen, zu verlegen. Man vermutete wahrscheinlich allerhand Abhängigkeiten, Schwierigkeiten beim Demontieren, Drainierung des Magnetfeldes durch Schmieröl, vielleicht fürchtete man sich auch vor einem so verrufenen Organ, wie der Turbinenzapfen seit Menschengedenken es war, der jeden Augenblick warm lief,

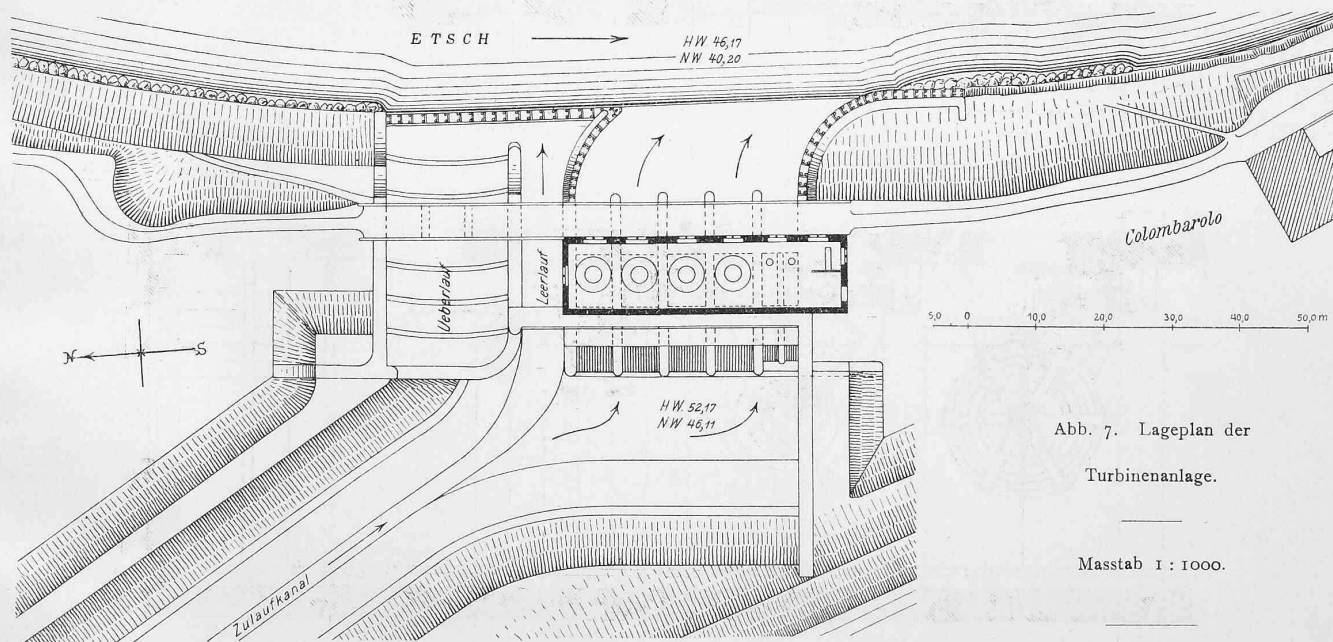


Abb. 7. Lageplan der
Turbinenanlage.

Masstab 1 : 1000.

Wasserspiegel und die Anlage des Maschinenhauses zwischen Fluss und Hügel führten notwendiger Weise dazu, diese Turbinenanlage als „vertikalachsige“ auszubilden. Es sei auf das hierüber bei Darstellung der Anlage Wangen¹⁾ Gesagte ganz besonders verwiesen. Umsomehr ist es interessant zu wissen, dass bis kurz vor der definitiven Vergebung der Arbeiten die Anlage mit vierfachen, horizontalachsigen Turbinen in direkter Kupplung mit den Generatoren geplant war. Man war dabei der Meinung, dass die höhere Tourenzahl und die einfachere Verbindung zwischen Turbine und Generator den Uebelstand einer Zentrale, deren Boden zeitweise unter den Unterwasserspiegel zu liegen gekommen wäre, deren Breite wesentlich grösser und deren Bauten aus diesen Gründen erheblich teurer hätten werden müssen, aufwiegen werden.

Bezüglich der einfachern Verbindung zwischen Turbine und Dynamo waren die Bedenken erklärlich. Die bisherigen vertikalen Aufstellungen mit direkter Kupplung

Vibrationen verursachte u. s. f., Krankheiten an denen ja die Dynamos der ersten Periode nicht selten auch ohne Turbinenzapfen litten. So bequeme man sich zu der teuren, unzugänglichern Anordnung des Zapfens unterhalb der Maschine und wendete dann später wennmöglich horizontale Aufstellung an, womit die ganze Zapfenfrage überhaupt beseitigt war.

Im vorliegenden Falle war es klar, dass nur eine vertikale Aufstellung angewendet werden dürfe. Um die Kosten so niedrig als möglich zu halten, war ebenfalls klar, dass nur die einfachste Anordnung zulässig sei, umsomehr als das Betriebswasser ganz ausserordentlich mit Unreinigkeiten aller Art geschwängert war. Es gelang, die Besteller von der Richtigkeit dieser Idee zu überzeugen und die Disposition, wie sie Abbildung 9 (S. 59) im Querschnitt zeigt, konnte definitiv festgesetzt werden, ehe noch der elektrische Teil zur Ausschreibung kam. Eine Aenderung war nun nicht mehr möglich und schliesslich erachteten die Dynamo-konstrukteure selbst bei näherem Studium die Lösung als

¹⁾ Schweizer. Bauzeitung. Bd. XLVII, Seite 167.

durchaus zulässig. So konnte endlich der erste Turbinenzapfen auf dem Armkreuz einer Dynamo seinen Platz einnehmen.

Man erkennt auf den ersten Blick die dadurch geschaffene Vereinfachung der ganzen Anlage: Nur zwei Böden: Rechen, Fallen und Turbinen auf einer Ebene,

können, wenn nicht andere Gründe, namentlich Terrainverhältnisse, seine Höhe bestimmt hätten.

Abbildung 10 (S. 60) zeigt in etwas grösserem Masstabe die konstruktive Durchbildung beider Maschinen. Die Dynamo-Achse verjüngt sich zunächst oberhalb des Rotors und wird durch ein am Spurlager angebautes Hals-

Wasserkraftanlage an der Etsch bei Verona.

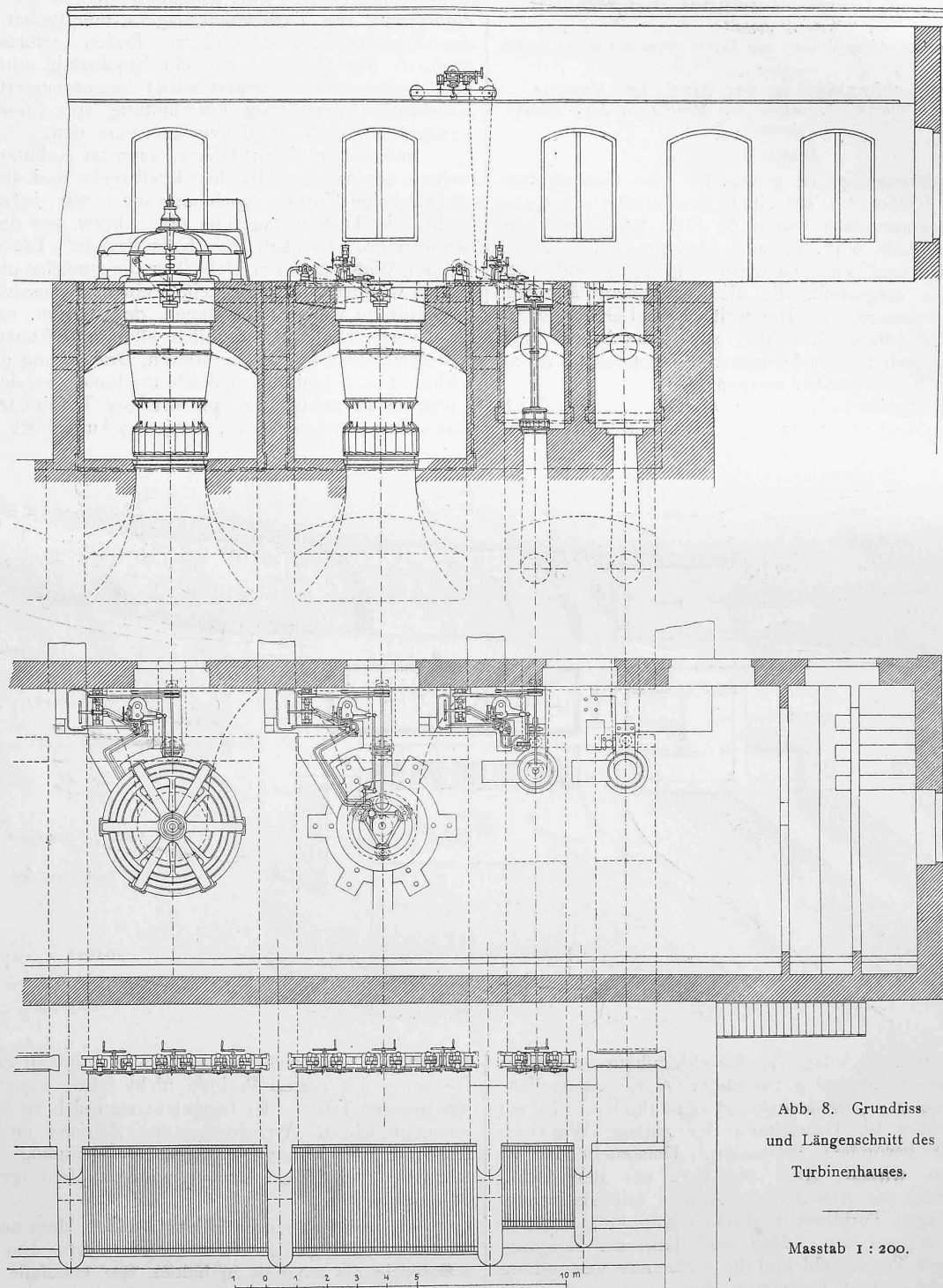


Abb. 8. Grundriss
und Längenschnitt des
Turbinenhauses.

Masstab 1 : 200.

darüber der Dynamoboden mit Regulator und Schaltbrett. Man wählte diese Anordnung mit einfacher Turbine ungeachtet der dadurch bedingten niedern Umlaufzahl von im Maximum 83, denn der Mehrpreis der Dynamo wird reichlich aufgewogen durch billigere Bauten, sowie durch die einfachere Konstruktion und Bedienung der Turbine. Der Dynamoboden hätte noch etwas tiefer gelegt werden

lager geführt. Hierauf verjüngt sich die Achse abermals wesentlich, um mit einem Gewinde zu endigen, welches die rotierende Ringzapfenlinse trägt. Auf diese Weise wird ein Ringspurlager gebildet mit geringstem äusserem Durchmesser, also kleinster Umfangsgeschwindigkeit, wodurch die spezifische Belastung eine hohe sein kann, ohne übermässige Wärmezeugung. Die

Grundplatte, auf der die feste Linse ruht und die ihrerseits auf dem Armkreuz der Dynamo liegt, ist ungefähr über die doppelte Linsenhöhe hinauf als zylindrisches Gefäß ausgestaltet, das mit gewöhnlichem Maschinenschmieröl gefüllt ein Oelbad bildet, in dem die Linsen arbeiten. Ein leicht abnehmbarer, die Füllgefäße tragender Deckel verhütet das Eindringen von Staub usw. Ein Entleerungshahn befindet sich am tiefsten Punkte des Oelbehälters. Konzentrisch um

sodass jeden Augenblick während des Betriebes sowohl Spurlager als auch Schleifringe bequem und gefahrlos beobachtet werden können.

Unterhalb des Rotors befindet sich ein zweites, mit dem Fundamentkreuz der Dynamo verbundenes Führungslager mit darunter liegendem Oelfänger. Zwischen diesem und der Scheibenkupplung, welche Dynamo- und Turbinenachsen verbindet, vermitteln ein Paar Winkelräder die Bewegung für den Regulator.

Die Konstruktion der Turbine ist ähnlich der früher beschriebenen Glommen-Turbine (Bd. XLVI, S. 221), d. h. mit festen Leitschaufeln und zylindrischem Spaltschieber.

Diese Anordnung, die hier hauptsächlich des ausserordentlich unreinen Wasser wegen gewählt wurde, bewährt sich gut. Wie in Glommen, so sind auch hier drei Regulierpistons direkt am Ringschieber befestigt, deren Achsen oberhalb der Press-Zylinder durch einen kräftigen Ring verbunden werden. Aus Abbildung 10 ist die ganze Regulieranordnung deutlich ersichtlich. Der Regulator erhält Pressöl mit rund 4 bis 5 Atm. Druck von einer Kapselpumpe, die unmittelbar neben dem eigentlichen Regulator aufgestellt ist. Jede Turbine hat eine solche Pumpe, die das Pressöl zunächst in einen gemeinschaftlichen Windkessel fördert. Von dort aus wird es den einzelnen

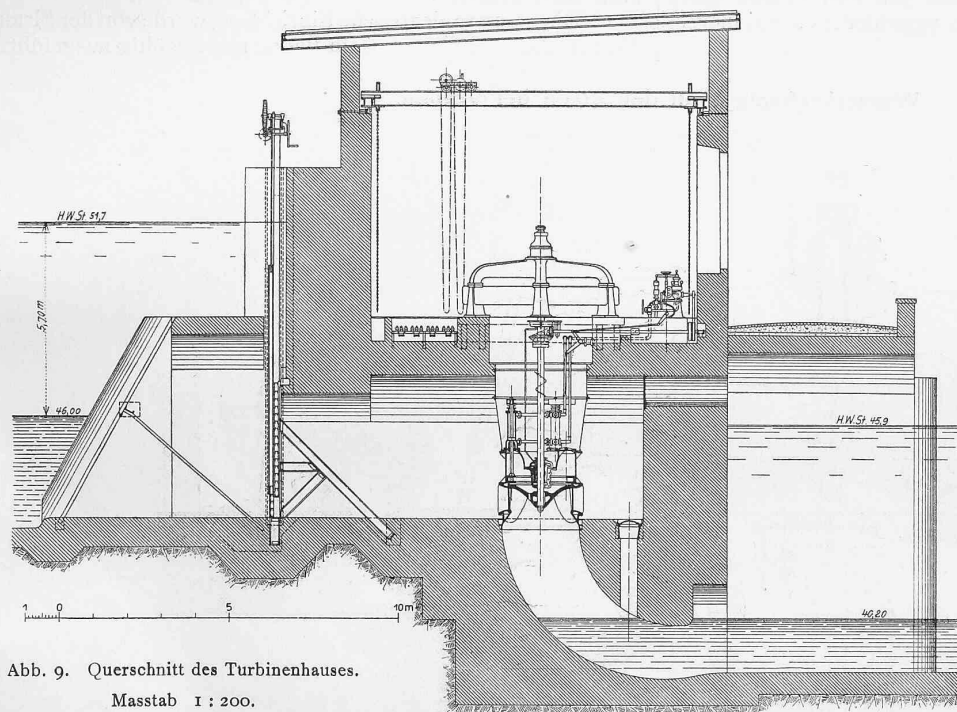


Abb. 9. Querschnitt des Turbinenhauses.

Masstab 1 : 200.

die Zapfenlinse sind zwei kupferne Kühlschlangen angeordnet, in die von der Turbinenkammer fortwährend Wasser gesaugt wird, das sich in den Ablauf entleert. Dadurch kann die Oeltemperatur in beliebigen niederen Grenzen gehalten werden. Die Dimensionen des vorliegenden Zapfens konnten so gewählt werden, dass auch ohne Kühlwasser die Temperatur nicht höher als 40° C. steigt, die Kühlung dient also mehr als Sicherheitsvorrichtung. Der obere Teil der Achse ist durchbohrt und führt die Leitung vom Rotor zu den Schleifringen, die am obersten Ende der Achse angeordnet sind, von wo aus der Strom bequem abgenommen werden kann. Auf einem Arm des Armkreuzes ist ein Dienstboden aus Rippenblech mit Geländer und Treppenaufgang angeordnet (Abb. 10, 11 u. 12, S. 60 u. 61),

Steuerorganen der Regulatoren und hernach den drei Presszylindern zugeführt.

Auf diese Weise müssen die Pumpen eine verhältnismässig geringe Menge fördern, und beanspruchen daher wenig Kraft; im Moment einer starken Kraftschwankung dient das Volumen des Windkessels zur raschen Speisung der Regulierzylinder.

Ganz analog den Generatoren sind die Erreger angeordnet; dieselben leisten bei 300 minutlichen Umdrehungen im Maximum 60 PS. Es sind deren zwei vorhanden, wovon eine Gruppe als komplette Reserve.

Die ganze maschinelle Anordnung hat sich als durchaus zweckmässig erwiesen und ist seitdem für ähnliche Zentralen vorbildlich geworden. Die grosse Anlage in

Tabelle I: Gesamtkosten.

Es beliefen sich die Kosten für:	
1. Erwerb der Ländereien, der Konzession, des Projektes, Steuern und dergl. auf Bauarbeiten.	L. 137 597.—
2. Aushub für den Kanalbau 223 156 m ³	„ 189 683.—
3. Kanalausmauerungen: Baumaterialien	„ 214 394.—
Arbeitslöhne	„ 131 048.—
4. Zement- und Betonarbeiten, Baukonstruktionen des Einlaufes und des Turbinenhauses, Brücken über den Zulaufkanal	„ 116 327.—
5. Maschinelle Einrichtungen. Fallen, Rechen, Turbinen, Regulatoren, elektrische Maschinen und Apparate ohne Transformatoren und Motoren	„ 212 879.—
6. Fernleitung 7000 m lang. Kupferdraht, Masten aus Holz, Isolatoren, Telephon und Kosten der Aufstellung	„ 25 931.—
7. Verschiedenes. Bauleitung, Expertisen, Vergütungen u. dgl.	„ 11 5471.—
Total	L. 1 143 330.—

Tabelle II: Einheitspreise.

Die Einheitspreise stellten sich wie folgt:

Löhne:

Taglohn eines Maurers	L. 2.— bis L. 3.—
Taglohn eines Handlangers	„ 1.25 „ „ 2.—

Baumaterialien:

Hydraulischer Kalk auf den Platz geliefert 100 kg	L. 1.95
Portlandzement, II. Qualität 100 kg	„ 3.90
Feiner Sand zum Kalk- und Betonmörtel m ³	„ 0.25
Feiner Kies zum Beton	„ 0.40
Bausteine	„ 0.80

Arbeitskategorien:

Aushub, einschl. Transport	„ „ 0.85
Fertige Betonarbeiten beim Einlauf und im Turbinenhaus, einschliessl. der Turbinen-Aspiratoren	„ „ 13.90
Zementverputz, gewöhnl. m ²	„ 1.25
Zementverputz, vollkommen geglättet	„ „ 2.—
Kupferdraht für die Fernleitung, auf den Platz geliefert 1 kg	„ 2.10

Trezzo, bestehend aus 10 Turbinen zu 1350 PS., ist nach gleichen Prinzipien gebaut, ebenso eine neue Maschinen-Gruppe im Elektrizitätswerk an der Sihl u. a. m.

Der von den Generatoren abgegebene Dreiphasen-Strom hat eine Spannung von 10000 Volt und gelangt mittelst Fernleitung in die rund 7 km entfernt gelegene Spinnerei San Giovanni Lupatoto.

Hier ist eine Transformatorstation aufgestellt, in welcher der Strom von 10000 auf 500 Volt transformiert wird, um in dieser Spannung die verschiedenen Spinnereimotoren anzutreiben.

Diese Motoren sind teils direkt auf den Haupttransmissionswellen angeordnet, teils wird die Kraft von ihnen durch Riementrieb auf die Transmission übertragen. Die Ringspinnmaschinen erhielten eigene kleine Elektromotoren.

Eine Dampfreserve, bestehend aus einem Dampfturbo-generator von 500 kw für ebenfalls 500 Volt Spannung und 42 Perioden ist in der Spinnerei vorhanden. Die Gesamtspindelzahl der letztern beträgt rund 60000 Spindeln mittlerer Nummern.

Die gesamte elektrische Einrichtung wurde von der Firma *Brown, Boveri & Cie. A.-G.* in Baden mustergültig ausgeführt.

Wasserkraftanlage an der Etsch bei Verona.

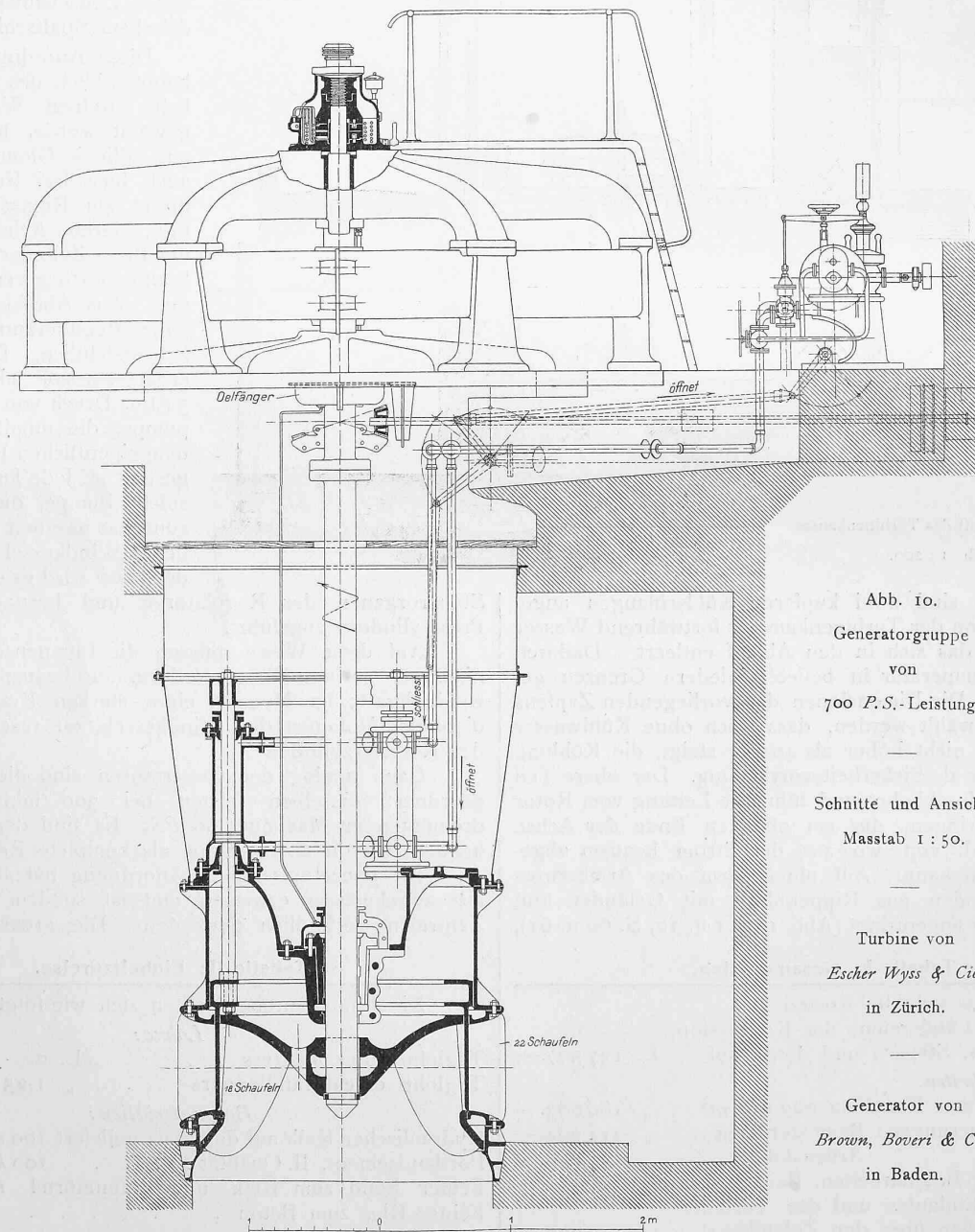


Abb. 10.

Generatorgruppe
von
700 P.S.-Leistung.

Schnitte und Ansicht.
Masstab 1:50.

Turbine von
Escher Wyss & Cie.
in Zürich.

Generator von
Brown, Boveri & Cie.
in Baden.

Im ganzen sind folgende Motoren aufgestellt:

1	Motor	zu 300 P.S.	und 420 Umdrehung.,	direkt. Antrieb
I	"	250	"	410 " " " "
I	"	140	"	420 " " " "
I	"	60	"	630 " " " "
I	"	22	"	840 " " " "
I	"	3 1/2	"	1260 " " " "
I	"	1	"	1260 " " " "
62	"	7 1/2	"	500 bis 800 " f. Ringspinnmasch.

Bald nach Inbetriebsetzung der Anlage wurden ausführliche Messungen vorgenommen um die garantierten Nutzeffekte nachzuweisen. Die Wassermessungen wurden im Zulaufkanal unter Leitung von Herrn Ing. Dr. J. Epper vom Eidg. hydr. Bureau in Bern und die elektrischen Messungen mittelst Wasserwiderständen von Herrn Ing. Prof. G. Motta von der technischen Hochschule Mailand vorgenommen. Es war ein Gesamtwirkungsgrad von 72% garantiert, was bei Niederdruck-Anlagen unter den vor-

liegenden Gefälls- und Wassermengeverhältnissen als sehr hoch bezeichnet werden muss. Die Versuche haben ergeben, dass dieser Nutzeffekt nicht nur erreicht sondern

Wasserkraftanlage an der Etsch bei Verona.

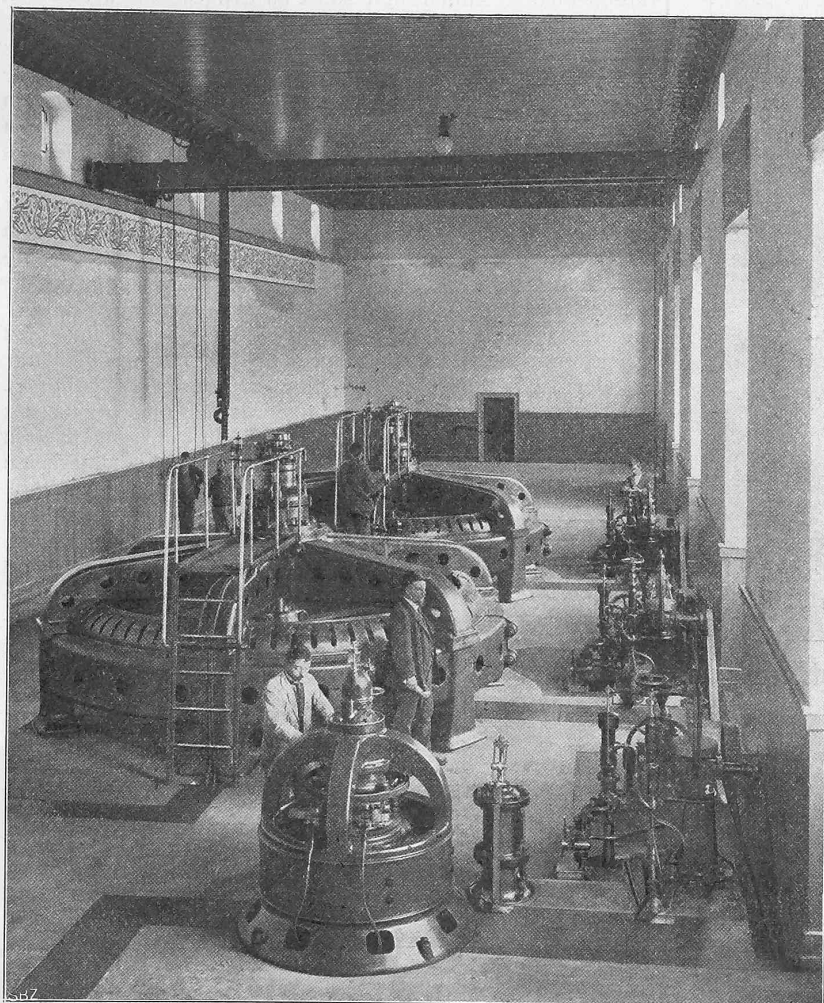


Abb. 11. Ansicht des Maschinensaals von Süden. — Vorn eine Erregergruppe.

noch wesentlich überschritten worden ist. Interessant war dabei, dass um die Kapazität des Kanals, die Gefällsverluste usw. zu untersuchen beide Gruppen parallel geschaltet und voll belastet wurden. Es hat sich dabei, wie schon Eingangs erwähnt, gezeigt, dass das Fehlen einer Wehranlage, die Leistungsfähigkeit des Kanals wesentlich beeinflusst und einen nicht unempfindlichen Gefällsverlust bedingt. Gegenwärtig ist denn auch der Einbau eines Wehres bereits in Angriff genommen. Das Ergebnis der vom Eidg. hydr. Bureau sehr sorgfältig durchgeführten Wasser- und Gefällsmessungen war auf der letzten Mailänder Ausstellung zu sehen.

Es ist immer von sehr grossem Interesse, die *Gesamtbaukosten* der hydraulischen Kraftanlagen zu kennen, was leider nur in den seltensten Fällen möglich wird; höchstens bekommt man hie und da approximative Angaben über die Kosten der hauptsächlichsten Objekte. Durch die Güte der Besitzer der eben beschriebenen Anlage, der Herren *Festini-Rasini* in Mailand bin ich in der Lage über die Baukosten dieses Werkes genaue Angaben machen zu können, die namentlich auch hinsichtlich der Bauarbeiten im Vergleich mit schweizerischen und deutschen Verhältnissen interessieren dürften (siehe Tabelle I S. 59).

Die Gesamtkosten würden bei der gegenwärtigen Ausnützung von nur 1350 P. S. für die Pferdekraft ungefähr 850 L. ergeben. Da die Aufstellung einer weiteren Einheit keinerlei Mehrkosten für Bauten, Fallen, Rechen, Apparaten und Leitungen, sondern nur für die Maschinengruppe allein erfordert, welche zu rund 75 000 L. angenommen werden können, so stellt sich die Anlage mit 2000 P. S. in der Zentrale auf 610 Lire für eine Pferdekraft.

Dieser Preis darf im allgemeinen für Niederdruckanlagen von der Grösse von 2000 P. S. als sehr mässig bezeichnet werden. Betrachtet man aber die baulichen Arbeiten der vorliegenden Anlage genauer, so muss dieser Einheitspreis als ein ausserordentlich niedriger bezeichnet werden. Möglich ist derselbe nur geworden durch die aussergewöhnlich niedrigen Einheitspreise und Löhne (Tabelle II S. 59), die bei dieser Anlage wohl einen Rekord erreicht haben dürften.

Es ist hierbei zu beachten, dass die Anlage in den Jahren 1903 bis 1904 ausgeführt wurde, wo sowohl die Arbeitslöhne als auch die Materialien sehr niedrige waren. Immerhin dürften die angegebenen Einheitspreise der Baumaterialien und Löhne in Mitteleuropa wohl noch nie an Billigkeit übertroffen worden sein.

Bei der Betrachtung über die Wirtschaftlichkeit der Anlage muss nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Fernleitung den verschwindend kleinen Posten von etwa 2,5% der Gesamtkosten ausmacht. Die Fernleitung wird aber gewöhnlich bei Berechnung der Kosten einer hydr. Kraftanlage nicht berücksichtigt, obschon sie in den meisten Fällen einen ganz bedeutenden Teil der Anlage ausmachen. Da das vorliegende Kraftwerk nur 7 km von der Fabrikanlage entfernt war, so könnte die Anlage als solche wohl noch etwas teurer sein, um noch immer einen vorteilhaften Vergleich mit andern Kraftübertragungsanlagen auszuhalten.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, dass der Urheber des Projektes Herr Ingenieur *Marazza* aus Mailand war; die Leitung des gesamten Baues war Herrn Ing. *Calvi* in Bergamo übertragen.

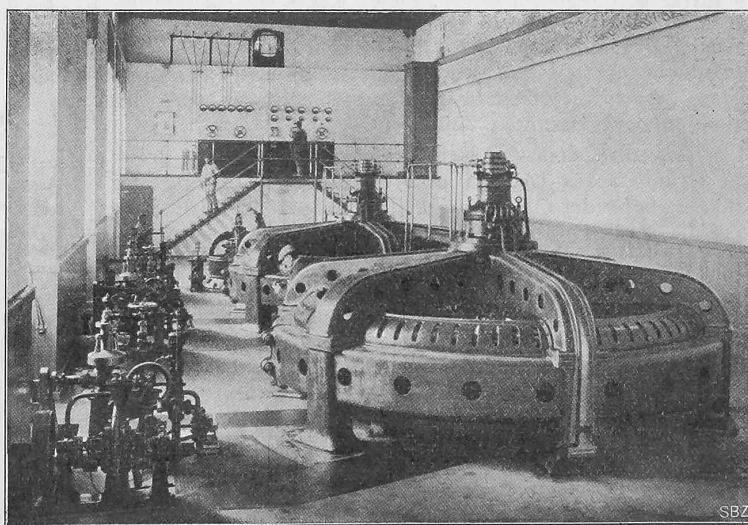


Abb. 12. Ansicht des Maschinensaals von Norden. — Im Hintergrund die Schalttafel.