Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 23 (1932)
Heft: 25

Artikel: Das Kraftwerk Piottino : der Officine Elettriche Ticinesi S.A., Bodio
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057476

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: 22.08.2025

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

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:
Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens et de l'Union de Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

EDITEUR ET ADMINISTRATION:
Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei S. A., Zurich 4
Stauffacherquai 36/38

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXIIIe Année | N° 25 | Vendredi, 9 Décembre 1932

Das Kraftwerk Piottino
der Officine Elettriche Ticinesi S.A., Bodio.

Mitgeteilt von der *Motor-Columbus A.-G. für elektrische Unternehmungen*, Baden.

621.311.21(494)

Das Kraftwerk Piottino der Officine Elettriche Ticinesi nützt das Gefälle des Tessins zwischen Rodi und Lavorgo (330 m) aus. Die Anlage ist für eine maximale Wassermenge von 24 m³/s vorgesehen (entsprechend 62 500 kW an den Turbinenwellen); aufgestellt sind zur Zeit erst zwei Maschinengruppen mit Francisturbinen von je 24 000 kW Maximalleistung. Die Jahreserzeugung wird bei vollem Ausbau 290·10⁶ kWh betragen. Die Energie kann unter 50 oder 42 Per./s abgegeben werden. Die Schaltanlage konnte mit Rücksicht darauf, dass das Werk die Energie nur unter Höchstspannung (150 kV) zu liefern hat, sehr einfach gehalten werden. Zum Schluss werden die Uebertragungsleitungen beschrieben, wobei die gegen Jahresende betriebsbereite Leitung über den Gotthard besonderes Interesse beanspruchen darf. Im ersten Ausbau ist die Uebertragungsspannung auf 150 kV beschränkt; das Gestänge ist jedoch derart bemessen, dass später durch Verlängerung der Isolatorketten und durch Montage von Leitern grösseren Durchmessers (Hohlseile) auf eine Spannung von der Grössenordnung 350 kV übergegangen werden kann.

La centrale Piottino des Officine Elettriche Ticinesi utilise la chute du Tessin entre Rodi et Lavorgo (330 m). Elle est prévue pour un débit maximum de 24 m³/s (correspondant à 62 500 kW aux arbres des turbines); actuellement, deux groupes seulement sont installés, avec des turbines Francis de 24 000 kW maximum chacune. Lorsque l'aménagement sera complet, la production annuelle s'élèvera à 290·10⁶ kWh. L'énergie peut être produite sous 50 ou sous 42 pér./s. La centrale ne livrant l'énergie qu'à très haute tension (150 kV), le poste de répartition a pu être fortement simplifié. L'article se termine par une description des lignes de transport, celle qui franchit le Gothard étant particulièrement intéressante. Pour le moment, la tension est de 150 kV; les pylônes sont toutefois dimensionnés de telle sorte que, plus tard, en utilisant des chaînes d'isolateurs plus longues et des conducteurs de plus grand diamètre (câbles creux), il sera possible de porter la tension à 350 kV environ.

Allgemeines.

Das Kraftwerk Piottino der «Officine Elettriche Ticinesi S. A.» nützt das Wasser des Tessins und seiner rechtsseitigen Zuflüsse auf der Gefällsstrecke zwischen der Station Rodi-Fiesso der Schweizerischen Bundesbahnen und der Wasserfassung Lavorgo des im Jahre 1911 fertiggestellten Kraftwerkes Biaschina der gleichen Gesellschaft aus.

Die Verleihung der Konzession durch den tessinischen Grossrat erfolgte am 31. Mai 1928 unter der Bedingung, dass die Anlage innerhalb von 4 Jahren fertiggestellt sein sollte. Die Dauer der Konzession beträgt 40 Jahre, nach deren Ablauf dieselbe um weitere 40 Jahre verlängert werden kann. Mit den Arbeiten wurde noch im September 1928 begonnen; im Juni 1931 war die Anlage betriebsbereit.

Die Motor-Columbus A.-G. für elektrische Unternehmungen in Baden besorgte die Projektierung und Bauleitung der gesamten Anlage.

Das Gesamtgefälle der ausgenützten Flußstrecke beträgt ca. 330 m. Der Tessin hat an der Fassungsstelle von Rodi-Fiesso ein Einzugsgebiet von 220 km². Zur Bestimmung der Abflussverhältnisse lagen die Ergebnisse einer 20jährigen Beobachtungsperiode vor. Die bisher beobachtete maximale Hochwassermenge erreichte ca. 220 m³/s; während 6 Monaten ist die natürliche Wasserführung des Tessins grösser als 12 m³/s, im Winter geht sie dank zahlreicher Quellen bloss auf ca. 4 m³/s zurück, was im Vergleich zu anderen Gebirgsflüssen als sehr günstig zu betrachten ist. Die Winterwasserführung wird zudem noch durch die bestehenden Akkumulieranlagen des Ritom- und des Tremorgiowerkes, welche gemeinsam einen totalen nutzbaren Inhalt von ca. 39·10⁶ m³ aufweisen, bedeutend verbessert.

Die Kraftanlage ist für die maximale Ausnützung von 24 m³/s vorgesehen, so dass mit dem vorhandenen Nettogefälle von ca. 300 m beim fertigen Ausbau eine maximale Leistung von ca. 62 500 kW an den Turbinenwellen erreicht werden kann. Im jetzigen Ausbau wurde die Ausnützung auf 16 m³/s beschränkt und dementsprechend wurden im Maschinenhaus nur 2 von den 3 vorgesehenen Maschinengruppen mit einer Maximalleistung von 44 000 Turbinen-kW aufgestellt. Die Jahresarbeit wird bei vollem Ausbau ca. 290·10⁶ kWh erreichen.

Die Anlage umfasst folgende Hauptobjekte:

a) das Stauwehr mit Wasserfassung und Entsander bei Dazio Grande am oberen Ende der Piottinoschlucht, ca. 500 m flussabwärts der Station Rodi-Fiesso der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB);

b) den ca. 8,9 km langen Druckstollen am rechten Hang des Tessintales mit Wasserschloss in Moaglio. In den Druckstollen werden die Seitenbäche Piumogna und Gribbiasca eingeleitet;

c) die Druckleitung;

d) das Maschinenhaus am rechten Ufer des Tessinflusses, gegenüber der Station Lavorgo;

e) die Freiluftschaltanlage;

f) den ca. 100 m langen Unterwasserkanal, welcher direkt in die Wasserfassung der Anlage Biaschina einmündet;

g) das Anschlussgleis an die Station Lavorgo der SBB.

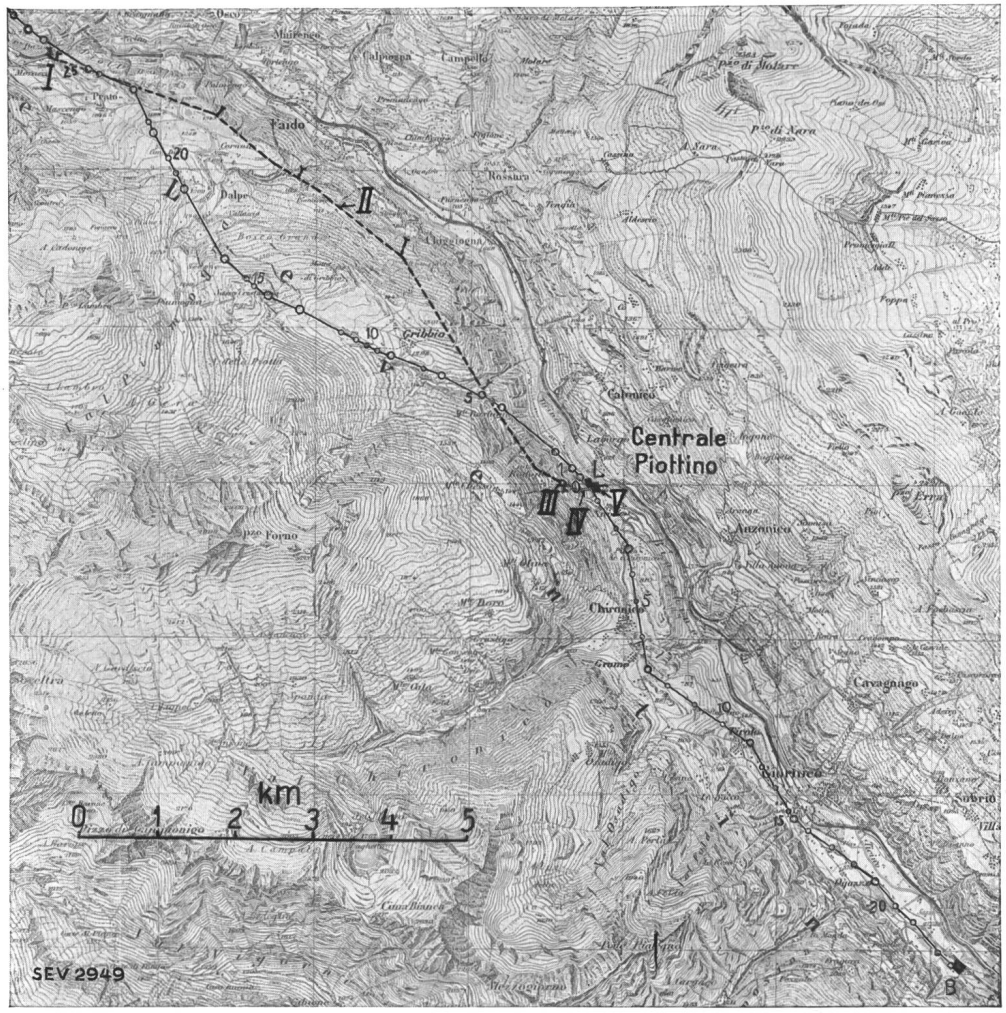


Fig. 1.
Kraftwerk Piottino. (Uebersicht 1:100000.)
(Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 1. XII. 1932).

I Wasserfassung Rodi.
II Druckstollen mit 6 Fenstern.
III Apparatehaus.
IV Druckleitung.
V Maschinenhaus bei Lavorgo.
L Schaltstation Lavorgo.
B Schaltstation Bodio.
Eingezeichnet sind ferner die Gotthardleitung von Mast 0 bis Mast 28 und die Leitung Lavorgo-Bodio.

Stauwehr, Wasserfassung und Entsandungsanlage.

Das Stauwehr besteht aus zwei mit Doppelschützen verschliessbaren Oeffnungen von je 10 m lichter Breite und 5,5 m lichter Höhe. Die Aufzugsvorrichtungen der Schützen sind in einem gedeckten Eisenbetonsteg untergebracht; sie sind für elektromotorischen und Handantrieb eingerichtet. Die oberen Schützen haben zudem noch eine durch Schwimmer gesteuerte elektroautoma-

tische Betätigung, welche gestattet, ohne Wartung auch bei Schwankungen der Wasserführung des Flusses bzw. des Wasserverbrauches der Anlage das Stauziel konstant auf der vorgeschriebenen Kote zu halten. Durch eine einzige freigelegte Stauwehröffnung können auch die grössten Hochwassermengen des Tessins ohne Ueberstau durchgelassen werden; die zweite Oeffnung dient somit als Reserve.

Dank dem Aufstau konnte im Tessinbett ein Speicherraum von ca. 10 000 m³ Inhalt gewonnen werden, welcher zur Deckung von kurzen Belastungsspitzen während der Niederwasserzeit dienen wird.

Ein Tagesausgleichsweiher von ca. 350 000 m³ ist oberhalb der Wasserfassung in der Tessinebene bei Quinto vorgesehen, aber vorläufig noch nicht ausgebaut.

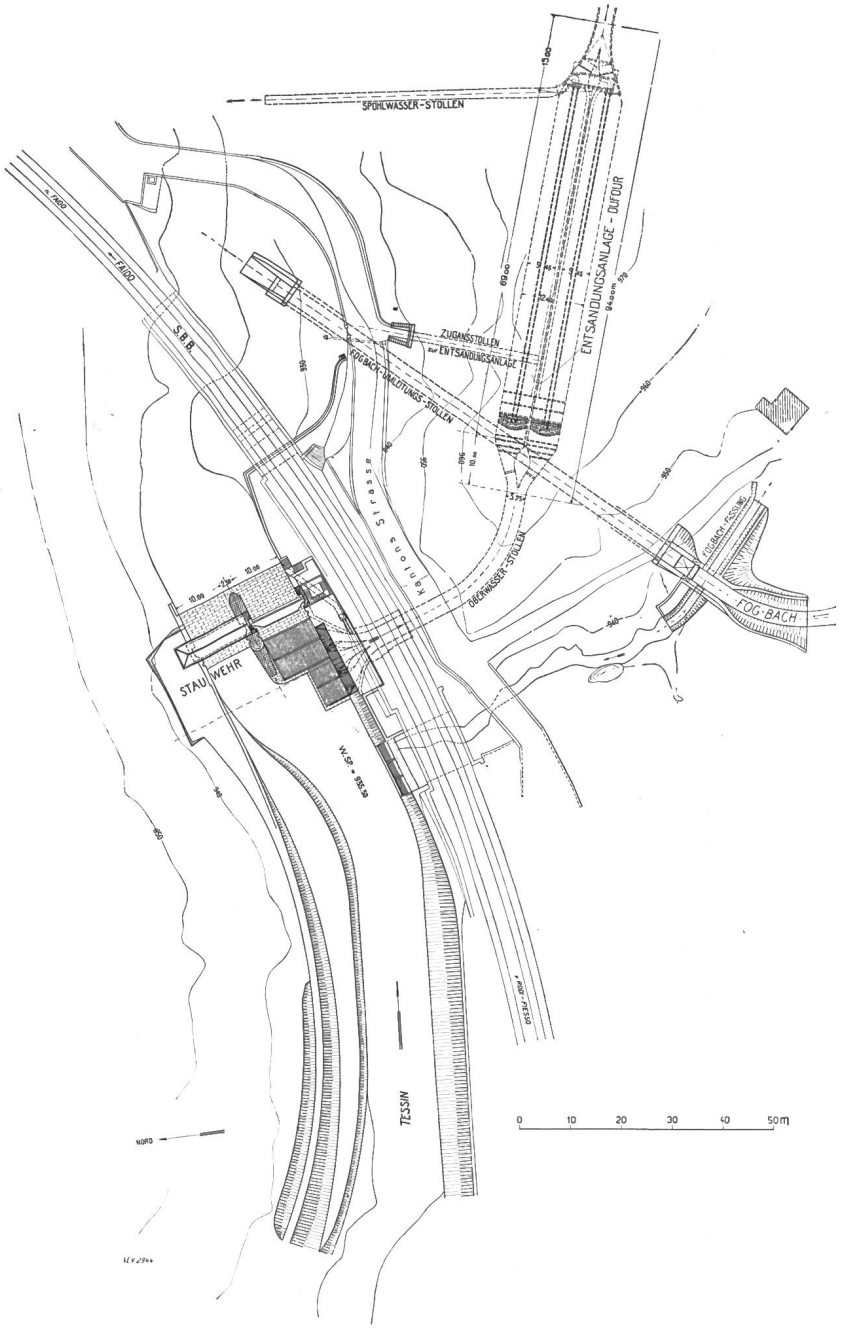


Fig. 2.
Kraftwerk Piottino. Wasserfassung bei Rodi.
Situation 1:1500.

Der Kanaleinlauf mit einem Grobrechen von 30 mm l. W. befindet sich am rechten Ufer des Flusses, dicht oberhalb des Stauwehrs.

Ein kurzer Freilaufstollen verbindet den Kanaleinlauf mit dem Entsander, System Dufour, der ganz ins Berginnere in einen ca. 90 m langen und 13 m breiten Stollen verlegt wurde. Die Entsandungsanlage besteht aus zwei Parallelkammern, von denen eine zwecks Revision ausgeschaltet werden kann, ohne den Betrieb zu unterbrechen. Die Durchflussgeschwindigkeit beträgt bei 24 m³/s, wenn beide Kammern in Betrieb sind, 0,40 m/s; hiebei werden auch bei der stärksten Geschiebeführung alle Geschiebe bis zu 0,4 mm Körnung, sowie ein starker Prozentsatz kleinerer Körnung ausgeschieden.

Druckstollen und Wasserschloss.

Der 8,9 km lange Druckstollen hat ein durchgehendes Gefälle von 3 ‰. Das Stollenprofil wurde kreisrund gewählt und weist einen lichten Durchmesser von 2,90 m in der oberen Strecke vom Entsander bis 4,5 km und von hier an bis zum Wasserschloss, im Hinblick auf die Zuflüsse der Seitenbäche, einen solchen von 3,00 m auf, entsprechend einer maximalen Durchflussgeschwindigkeit von 3,6 bzw. 3,4 m/s bei 24 m³/s Wasserführung. Beim Einlauf steht der Stollen unter einem inneren Druck von 7 m Wassersäule; beim Wasserschloss kann der Wasserdruck bei plötzlichem Abstellen der Anlage auf 45 m steigen. Der Stollen, welcher seiner ganzen Länge nach Gneiss durchfährt, ist durchwegs mit einer glatten, wasserdichten Betonverkleidung von normalerweise 15 cm Stärke versehen. Nur auf kurzen Strecken, wo der Fels nicht ganz gesund oder zerklüftet war, wurden stärkere Verkleidungstypen, zum Teil mit Eisenarmierungen, angewendet. Die nötige Glätte und Undurchlässigkeit der Wandungen wurde durch geeignete Wahl

der Kies- und Sandmischung, sowie Verwendung von eisernen Schalungen erreicht. Die nach Fertigstellung der Anlage vorgenommenen Durchflussversuche haben bestätigt, dass der bei der Projektierung angenommene Rauhigkeitsgrad $n = 0{,}013$ nach Ganguillet und Kutter richtig war.

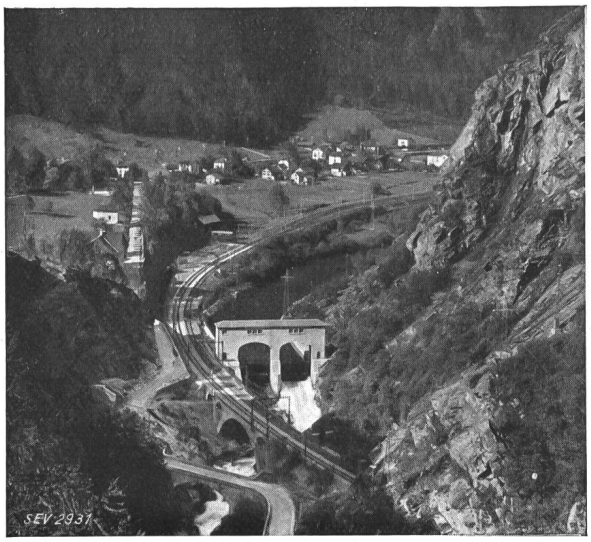


Fig. 3.
Wasserfassung bei Rodi. Stauwehr, Ansicht talaufwärts.

Der Druckstollen wurde vor der Inbetriebsetzung des Werkes auf Undurchlässigkeit ausprobiert; er erwies sich als vollkommen dicht.

Man hat den Druckstollen anstatt eines Freiwasserspiegelstollens wegen der Vorteile, welche hieraus für den Betrieb erwachsen, gewählt.

Bei der Festlegung des Tracés wurde viel Wert darauf gelegt, die Stollenanlage soweit als möglich ins Berginnere zu verlegen, um bessere Felsen zu erreichen und um Wasserdurchsickerungen zu erschweren. Infolgedessen wurden nur wenige, aber verhältnismässig tiefe Angriffsfenster, und zwar ausser an den beiden Enden noch vier Zwischenfenster angelegt. Die längste Stollenstrecke zwischen Fenster 1 und 2 erreicht 2200 m; bei dem heutigen Stand der Bohrtechnik war das kein Hindernis für die rechtzeitige Fertigstellung der Anlage. Für den Stollenvortrieb wurden schwere, auf Säulen montierte Bohrhämmer Ingersoll-Rand verwendet; es waren jeweils zwei solcher Maschinen vor Ort in Tätigkeit. Trotz der verhältnismässig grossen Härte des angebrochenen Gesteins hat man Fortschritte bis zu 8 m pro Tag erreicht. Es wurde in zwei und drei Tagesschichten gearbeitet. Nach Beendigung der Bauarbeiten wurden die Fenster mit einem Betonzapfen bei der Kreuzung mit dem Hauptstollen geschlossen, wobei Mannlöcher von 80 cm für den Zugang zum Stollen eingebaut wurden.

Das Wasserschloss wurde in der Gegend Moaglio auf einem vorspringenden Felshügel erstellt. Dieses Objekt besteht, wie üblich, aus einer unteren, ganz im Berginnern ausgesprengten und aus einer oberen, im Freien erstellten Kammer, welche durch einen kreisrunden, senkrechten Schacht mit 4,5 m Durchmesser verbunden sind. Dieser Schacht, sowie die untere Kammer, sind mit Beton verkleidet und zum grössten Teil armiert. Die untere Kammer ist für eine plötzliche Zunahme der Belastung der Maschinen von 50 auf 100 % vorgesehen, während die Grösse der oberen Kammer ein plötzliches Ausschalten der maximalen Maschinenleistung ohne weiteres zulässt. Der Durchmesser des senkrechten Verbindungsschachtes wurde gross genug gewählt,

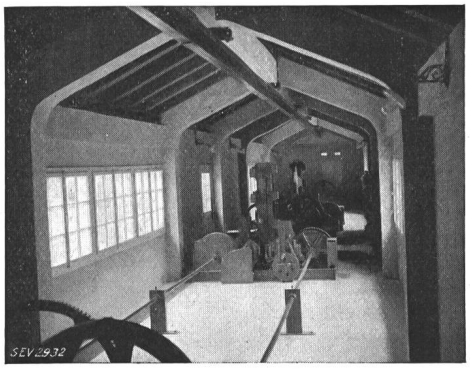


Fig. 4.
Stauwehr, Bedienungssteg.

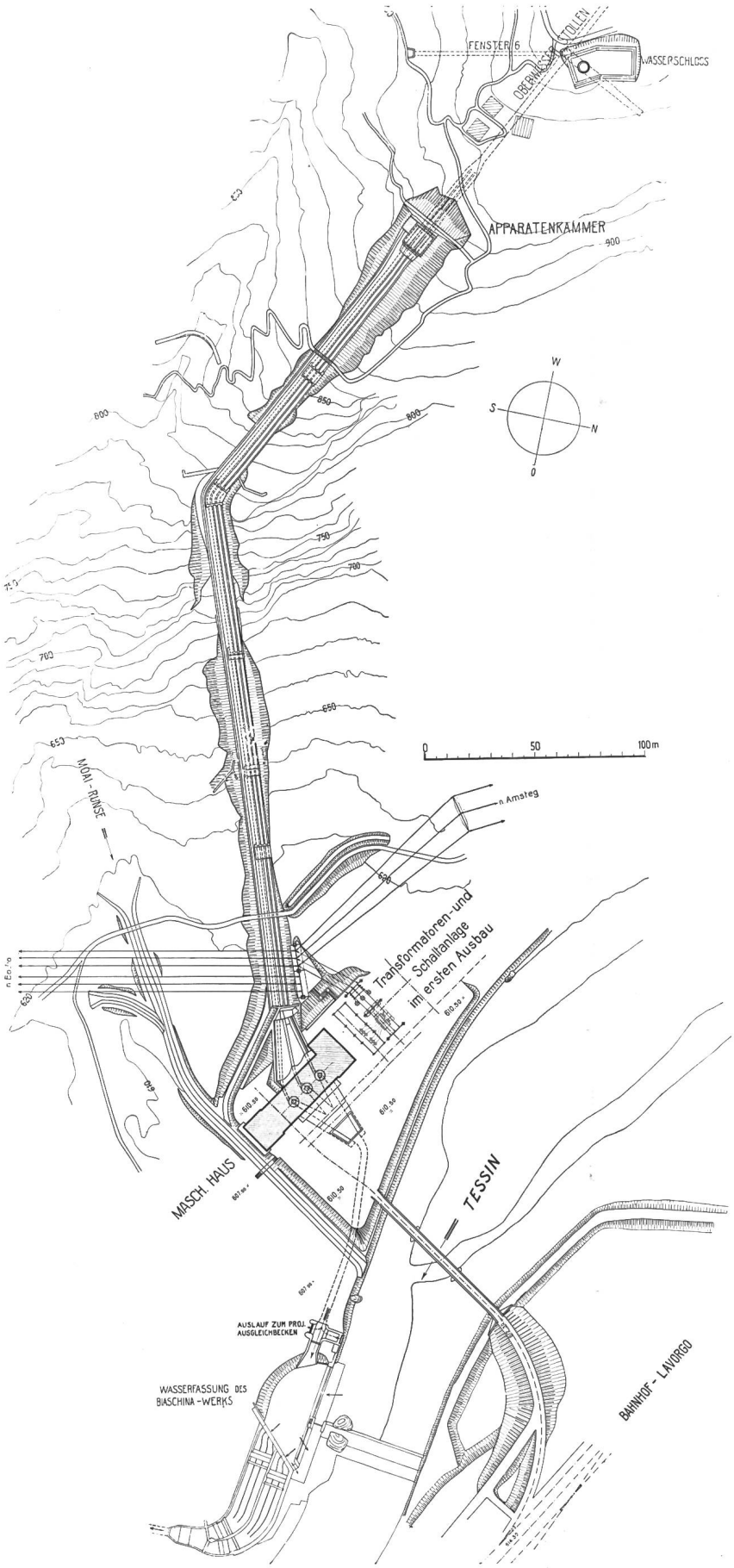
damit bei Belastungsschwankungen der Beharrungszustand so schnell als möglich erreicht werden kann. Anlässlich der Maschinenversuche wurden zur Kontrolle der Wasserschlossberechnung plötzliche Schalt- und Abschaltversuche bis zu 36000 kW durchgeführt.

Ein Wasserstandsfernmelder mit Empfangsapparat im Maschinenhaus lässt die Wasserspiegelschwankungen im Wasserschloss während des Betriebes verfolgen.

Druckleitung.

Die Druckleitung ist im Freien verlegt. Die totale Länge zwischen Apparatenkammer und Maschinenhaus beträgt 560 m, der Höhenunterschied ca. 300 m und die maximale Neigung 165 %.

Der Unterbau ist für die Aufnahme von drei von einander unabhängigen Rohrsträngen, d. h. je einen für jede Turbine, vorgesehen. Davon wurden vorläufig nur zwei, entsprechend den beiden installierten Maschinengruppen montiert. Der Rohrdurchmesser verjüngt sich von 1,55 m bei der Apparatenkammer auf 1,30 m beim Maschinenhaus. Bei der maximalen Schluckfähigkeit der Turbinen von 8,4 m^3/s erreicht die maximale Durchflussgeschwindigkeit in den Rohrleitungen 4,4 bzw. 6,3 m/s. Als Abschlussorgane in der Apparatenkammer dienen zwei auf jedem Rohrstrang hintereinander eingeschaltete Drosselklappen, wovon die erste für Handantrieb und die zweite für hydraulisch-automatische und Fernbetätigung eingerichtet sind.



Die Rohre wurden aus extra weichem Siemens-Martin-Flusseisen mit 34 bis 42 kg/mm² Bruchfestigkeit und 25 % Dehnung erstellt, wobei eine maximale Spannung von 900 kg/mm² im vollen Blech bei dem maximalen statischen Druck zugelasen wurde. Der Wirkungsgrad der Schweissung wurde zu 85 % angenommen. Die Blechstärken variieren zwischen 8 mm und 25 mm. Bis zu Blechstärken von 21 mm wurden die Rohre autogen, über 21 mm mit Wassergas geschweisst. Die gegenseitige Verbindung der Rohre an Ort und Stelle erfolgte durch elektrische Schweissung.

Für die Rohrmontage diente eine rechts vom Rohrtracé angelegte Seilbahn. Die Winde von 16 t Zugkraft befindet sich in der Apparatenkammer.

Maschinenhaus.

Das Maschinenhaus liegt am rechten Ufer des Tessins gegenüber der Station Lavorgo, ca. 100 m oberhalb der Wasserfassung des Kraftwerkes Biaschina. Das Gebäude ist ca. 60 m lang, 14 m breit und 20 m hoch. Der Maschinensaal ist für den Einbau von 3 Maschinengruppen vorgesehen. Der Montageraum, in welchem das normalspurige Anschlussgleis einmündet, befindet sich rechts vom eigentlichen Maschinensaal. Anschliessend daran sind die Magazine und im linken Gebäudeflügel die Werkstätte, die Bureaux, die sanitären Anlagen, die Kabelverteilungs- und Akkumulatorenräume sowie im obersten Stock der Kommandoraum untergebracht.

Die Hauptfront des Gebäudes ist gegen den Tessinfluss gerichtet; sie liegt parallel zur Eisenbahn. Die Fassaden sind in lombardischem Stil gehalten.

Maschinensaal und Montageraum werden durch einen elektrischen Kran von 70 t Tragkraft bestrichen; Oeffnungen im Maschinensaalboden gestatten das Ablassen von Maschinenstücken ins Untergeschoss, wo die Turbinen aufgestellt sind.

Fig. 5.
Kraftwerk Piottino.
Apparatekammer, Druckleitung, Maschinenhaus und Schaltanlage Lavorgo.
Situation 1:3000.

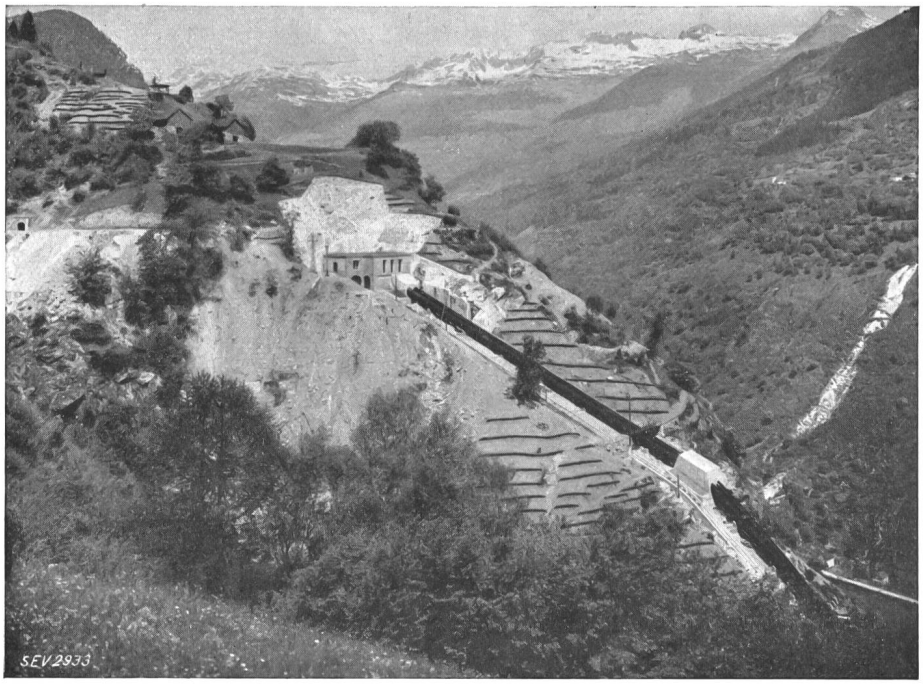


Fig. 6.
Apparatekammer und Oberteil der Druckleitung.

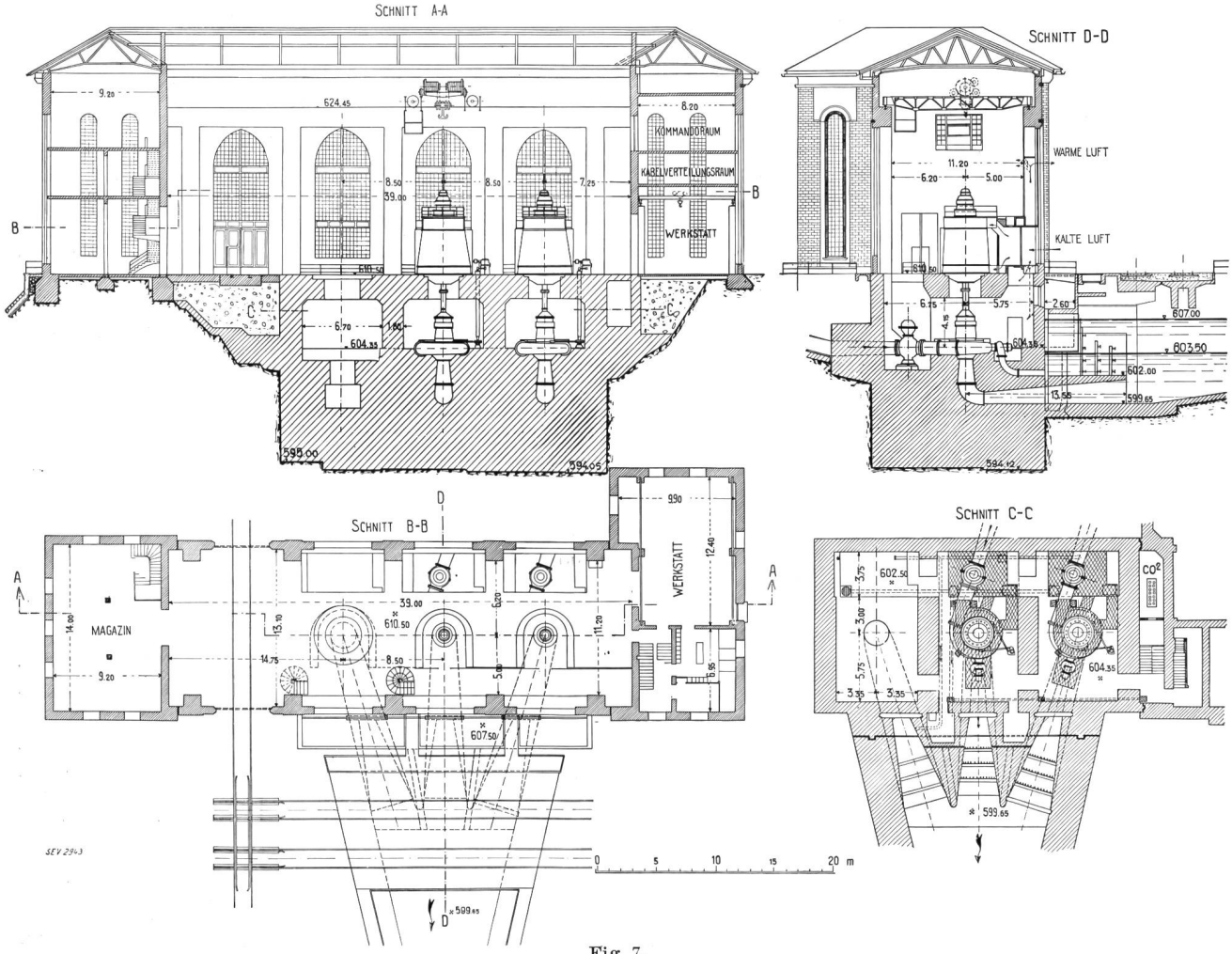


Fig. 7.
Kraftwerk Piottino. Aufriss, Grundriss und Schnitte 1:600.

Der Untergrund des Maschinenhauses besteht aus einer wenige Meter starken Bergschuttschicht und darunter einer ca. 10 m mächtigen, vom ehemaligen Lavorgosee herrührenden Seeschlammschicht. Erst unter der letzteren lag die tragfähige Gletschermoräne. Um den festen Untergrund zu erreichen, hat man infolgedessen die Fundamente des Mittelbaues der Zentrale, wo die Maschinen aufgestellt sind, bis 17 m unter Maschinenhausboden abteufen müssen.

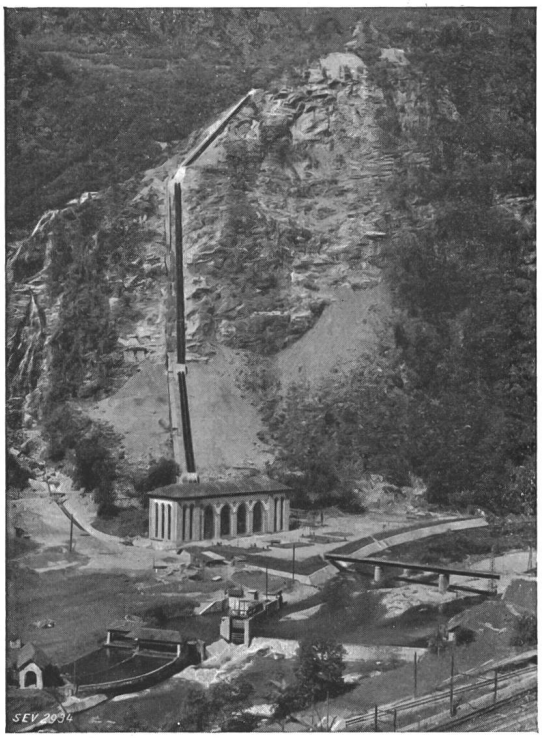


Fig. 8.
Maschinenhaus, Druckleitung, Anschlussgleisbrücke und, links unten, Wasserfassung des Kraftwerkes Biaschina.

Turbinen.

Die Wahl der Maschinentype fiel auf vertikalachsige Francisturbinen, welche mit dem Vorteil der Raumersparnis eine bessere Gefällsausnützung und infolge höherer Umdrehungszahl als Peltonräder auch eine Verbilligung der gesamten Maschinengruppen ermöglichte. Dabei darf nicht ausser acht gelassen werden, dass zwischen den Ausläufen der Turbinen Piottino und der Wasserfassung Biaschina die Einschaltung eines Ausgleichbeckens mit Wasserspiegelschwankungen von ca. 3 m geplant ist. Das entsprechende Gefälle, vermehrt durch den notwendigen Abstand zwischen Rad und maximalem Unterwasserspiegel, hätte man bei Verwendung von Peltonturbinen preisgeben müssen.

Rein turbinentechnisch sind übrigens die Verhältnisse am Piottinowerk für die Francisturbine günstig; die spezifische Tourenzahl n_s beträgt 96 bei einer effektiven Drehzahl von 750/m. Die Ergebnisse der Abnahmeversuche und die bisherigen Betriebserfahrungen haben die Richtigkeit der getroffenen Wahl bestätigt. Die Francisturbinen des Piottinowerkes bedeuten für den Turbinenbau einen wesentlichen Fortschritt, da zur Zeit der Vergebung das höchste Gefälle bei Francisturbinen ca. 250 m betrug, während die Piottinoturbinen unter einem Gefälle von 330 m arbeiten.

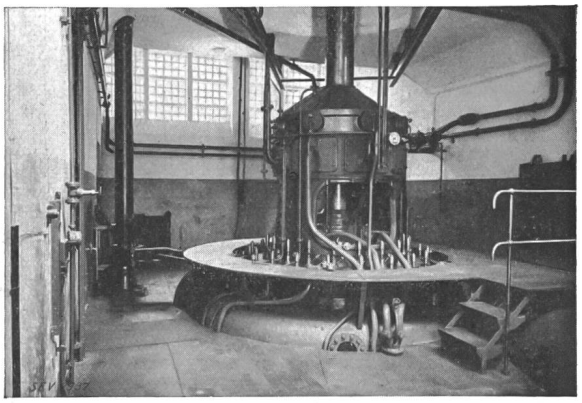


Fig. 10.
Maschinenhaus Lavorgo. Eine von den beiden installierten Francisturbinen, Ansicht flussabwärts.

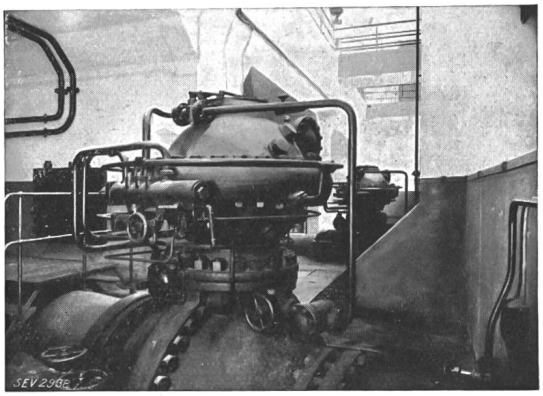


Fig. 11.
Maschinenhaus Lavorgo. Die beiden Kugelschieber im Souterrain des Maschinensaales.

Die Turbinen sind im Untergeschoss des Maschinensaales aufgestellt, und zwar so tief, dass das statische Sauggefälle zur Vermeidung von Korrosionen im ungünstigsten Falle unter 1 m verbleibt.

Da die Möglichkeit besteht, die elektrische Energie mit einer Frequenz von 50 oder 42 Per./s abzugeben, wurden auch die Turbinen für zwei Drehzahlen von 750 bzw. 630 U/m gebaut. Bei dem maximal erreichbaren Nettogefälle von 323 m kann jede Turbine 8,40 m^3/s schlucken und somit eine Leistung von 24 000 kW, an der Turbinenwelle gemessen, abgeben. Der maximale Wirkungsgrad beträgt 92 %.

Um die Wasserschläge zu dämpfen, ist jede Turbine mit einem Druckregulierapparat ausgerüstet. Der Nebenauslass dieses Apparates mündet in eine mit Blech gepanzerte Kammer, wo die Energie des Wassers durch ein System von drei hintereinander geschalteten Beruhigungsrechen vernichtet wird.

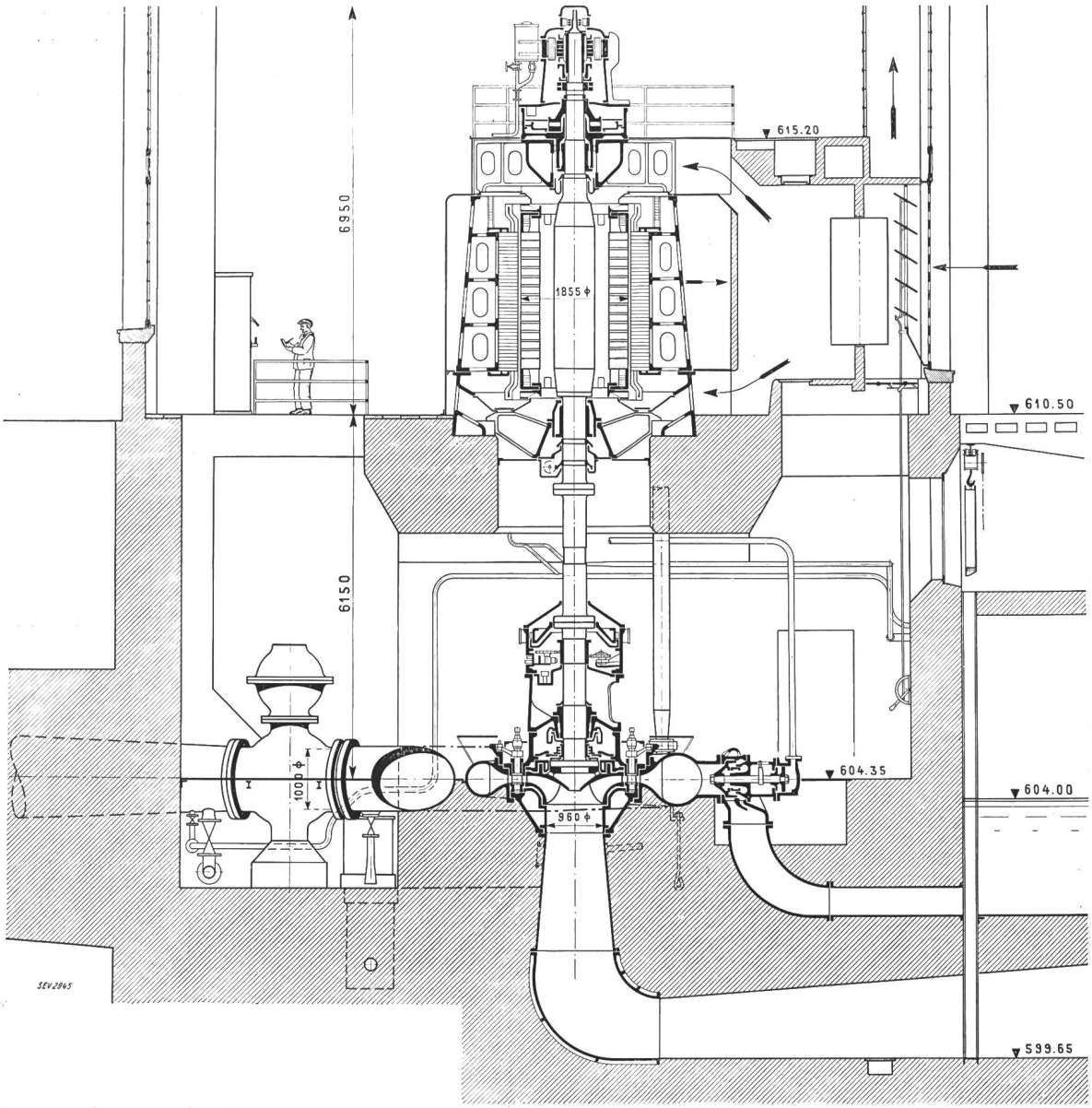


Fig. 9.
Kraftwerk Piottino. Schnitt durch eine Maschinengruppe 1:120.

P_{max} = 24000 kW.
H_{max} = 323 m.
Q_{max} = 8,4 m³/s.
n = 750 bis 630 U/m.

P = 23000 kVA, $\cos\varphi$ = 0,8.
P_{max} = 26000 kVA, $\cos\varphi$ = 0,9.
U = 8600 V.
n = 750 bis 630 U/m.
f = 50 bis 42 Per./s.

Der Leitapparat sowie der Druckreglerapparat werden durch einen patentierten automatischen Präzisions-Oeldruckgeschwindigkeitsregulator, welcher auf dem Maschinenhausboden neben dem Generator aufgestellt ist, gesteuert.

Die Demontage der Turbine ist möglich ohne Demontage des Generators; zu diesem Zwecke ist die Welle der Gruppe mit einem Zwischenstück versehen. Wenn dieses Zwischenstück weggenommen ist, können der obere Laufraddeckel sowie das Turbinenrad mit Leichtigkeit entfernt werden.

Als Material wurde für das Turbinengehäuse Stahlguss und für das Laufrad besonders widerstandsfähige Spezialbronze verwendet.

Der Abschluss zwischen Druckleitung und der Turbine erfolgt durch einen hydraulisch betätigten Kugelschieber von 1 m Durchmesser.

Generatoren.

Die mit den Turbinen starr gekuppelten Dreiphasen-Wechselstromgeneratoren sind für eine Leistung von je 23 000 kVA bei einem $\cos\varphi = 0{,}8$ für 42 oder 50 Per./s entsprechend 630 bzw. 750 U/m (Durchbrenndrehzahl 1380 U/m) und für eine Nennspannung von 8200 V gebaut und gestatten ohne schädliche Erwärmung dauernde Belastung von 26 000 kVA bei $\cos\varphi = 0{,}9$. Zur Einhaltung der Nennspannung bei den beiden Frequenzen ist die Statorwicklung auf der Nullpunktseite mit einer

Anzapfung versehen. Die Statorbohrung beträgt 1,90 m.

Die Statorgehäuse sind zweiteilig und aus Gusseisen hergestellt. Die aus hochlegierten Blechen hergestellten, unterteilten Blechkörper sind zur Aufnahme der Statorwicklung mit offenen Nuten versehen. Die Statorwicklungen sind als Stabwicklungen mit zwei unterteilten und verschränkten Wicklungen pro Nut ausgebildet, die im Nutenteil mit Mikanit umpresst und imprägniert sind, während die Teile ausserhalb des Eisens durch mehrfache Umbändelung mit Lackband isoliert sind.

Zur Kontrolle der Temperatur sind in jedem Stator vier Widerstandselemente zwischen Wicklung und Eisenpaket eingebaut, deren Ableitungen zu einem gemeinsamen, umschaltbaren Thermometer auf der Generatorenschalttafel im Kommandoraum geführt sind.

Die Radkränze der als Volltrommel ausgeführten Rotoren bestehen aus schmiedeisernen, auf die Welle aufgeschrumpften Scheiben und die Feldwicklungen sind in verkeilten Nuten untergebracht. Die Rotoren haben ein Gewicht von 50 t und ein Schwungmoment GD^2 von 80 t·m².

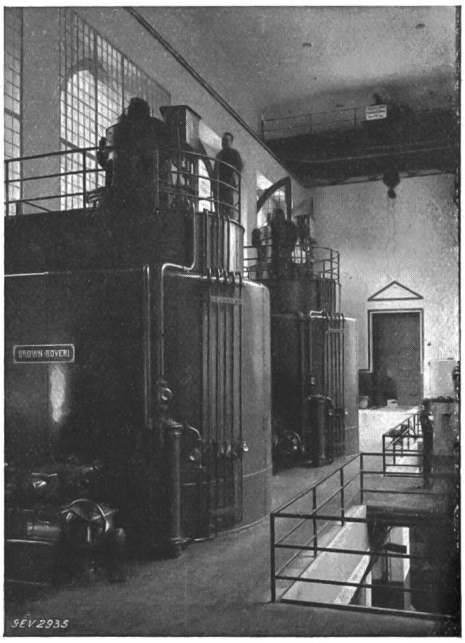


Fig. 12.
Maschinensaal. Die zwei aufgestellten Drehstromgeneratoren von der Werkstätte aus gesehen.

Die Generatoren haben Eigenlüftung und sind vollständig mit einem der Luftführung dienenden Blechmantel umgeben. Die Frischluft kann wahlweise vom Freien oder aus dem Maschinenhaus entnommen werden und tritt von oben und unten in die Generatoren ein, um nach Passieren derselben durch die am Umfang des Stators angebrachten Oeffnungen in den durch den Blechmantel gebildeten Warmluftkanal zu gelangen, von wo aus sie durch die zu Warmluftkanälen ausgebildeten Doppelfenster ins Freie oder teilweise durch Heizklappen zurück ins Maschinenhaus gelangt.

Jeder Generator ist mit einer eigenen, direkt über dem Spurlager aufgebauten Erregermaschine von 165 kW ausgerüstet, die als Nebenschlussmaschine mit Wendepolen gebaut ist. Zur Erzielung einer raschen Spannungsregulierung ist zur Erregung des Haupterregers über demselben ein Hilfserreger aufgebaut. Beide sind für die allfällige spätere Einführung einer Stosserregung ausreichend bemessen. Die Spannungsregulierung erfolgt mittels normaler BBC-Schnellregler, die im Kommandoraum angeordnet sind.

Der Wirkungsgrad der Generatoren bei Vollast von 23 000 kVA wurde für 50-Periodenbetrieb zu 97,6 % bei $\cos\varphi = 1$, bzw. zu 96,8 % bei $\cos\varphi = 0{,}8$ und für 42-Periodenbetrieb zu 97,7 % bei $\cos\varphi = 1$, bzw. zu 96,9 % bei $\cos\varphi = 0{,}8$ garantiert.

Die entsprechenden gemessenen Werte betragen bei 50 Perioden 97,7 und 97,0 % und bei 42 Perioden 98,0 und 97,3 %.

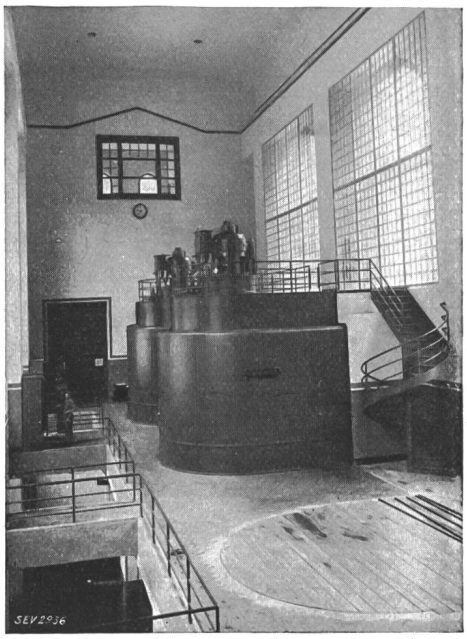


Fig. 13.
Maschinensaal. Die zwei aufgestellten Drehstromgeneratoren vom Montageplatz aus gesehen.

Jede Maschinengruppe besitzt drei Führungslager, wovon eines auf die Turbine und zwei auf den Generator entfallen.

Die über den Generatoren angeordneten Spurlager sind für eine totale Belastung von 110 t bemessen. Sämtliche Lager sind so bemessen, dass sie ohne unzulässige Uebertemperatur die beim Durchbrennen der Maschine auftretende Drehzahl von 1380 U/m aushalten können. Dies erfordert, dass jederzeit eine reichliche Oelumwälzung sichergestellt wird. Zu diesem Zwecke wurden neben den von der Welle direkt angetriebenen, für die Spurlager und Führungslager getrennt angeord-

neten Zahnradölpumpen je eine motorangetriebene Reservepumpengruppe aufgestellt, welche beim Sinken des Oeldruckes in den Oelsteigleitungen des Schmieröles automatisch in Betrieb gesetzt werden. Die Rückkühlung des Oeles erfolgt in wasserdurchströmten Gegenstromkühlern für Spurlager- und Führungslageröl getrennt.

Zum Schutz der Generatoren ist neben den normalen BBC-Ueberstromreglern und Maximalrelais auch ein Differentialschutz eingebaut, durch welchen neben dem Maschinenölschalter und Feldschalter auch die zur Verhinderung von Generatorbränden vorhandene Brandschutzeinrichtung betätigt wird. Die Brandschutzeinrichtung besteht in der Hauptsache aus zwei Kohlensäurebatterien zu je sieben Flaschen, elektromagnetisch gesteuerten Ventilen und Abschlusstüren in den Frisch- und Warmluftkanälen. Die Löscheinrichtung kann auch durch einen Druckknopf auf jeder Maschinenschalttafel sowie durch mechanische Auslösung betätigt werden.

Durch das Schliessen der Luftklappen und Einleiten der Kohlensäure in die Generatoren wird schon nach einigen Sekunden die zur Verhinderung von Feuer nötige Kohlensäurekonzentration in der eingeschlossenen Luft erreicht.

Um Erdschlüsse in den Statoren rasch zu erkennen, sind zwischen dem Nullpunkt derselben und Erde Spannungswandler eingeschaltet, die sekundär an empfindliche, im Kommandoraum angebrachte Voltmeter sowie an Fallklappen angeschlossen werden. Erdschlussanzeigevoltmeter und Fallklappen sind auch zur Anzeige von Erdschlüssen in den Rotorwicklungen vorhanden.

Auf dem Generatorboden ist für jede Maschinengruppe eine Schalttafel aufgestellt, auf welcher ausser den für die Ueberwachung der Gruppe nötigen Instrumenten (Ampèremeter, Voltmeter, Wattmeter und Frequenzmesser) die Temperaturfernmesseinrichtung für die Lager, Fallklappen zur Anzeige von Störungen und Gefährdungen, Steuerorgane für die Betätigung der Kugelschieber, Drosselklappen im Wasserschloss, Brandschutzeinrichtung und Notauslösung der Generatoren, Haupt- und Feldschalter vereinigt sind.

Die Relais und registrierenden Instrumente, sowie die Steuerorgane für Drehzahl- und Laständerung, Steuerung der Maschinenschalter, sind im Kommandoraum vereinigt, von wo aus ebenfalls die Drosselklappen im Wasserschloss geschlossen werden können.

Transformatoren- und Schaltanlage.

Das für die Schaltanlage gewählte Prinzipschema (Fig. 14) ist entsprechend dem Zweck des Werkes als reine Erzeugungsstätte in Höchstspannung unter Vermeidung aller Regionalverteilung möglichst einfach gehalten. So sind für drei Generatoreinheiten des Vollausbaues nur zwei Transformatoren vorgesehen und es ist gleichwohl eine eigentliche Maschinenspannungs-Sammelschiene vermieden.

Da die Schaltung von zwei Generatoren auf einen Transformator über metallisch von einander getrennte Wicklungen desselben erfolgt, wird die Beanspruchung der Maschinenschalter und der zugehörigen Apparatur bei Kurzschluss gegenüber einem Schema mit metallischer Zusammenschaltung wesentlich herabgesetzt.

Immerhin sieht das Schema für die Oberspannungsanlage ein Doppelsammelschienensystem vor mit Kuppelschalter und Abgang von vier getrennt schaltbaren Leitungen, wovon nach Süden zwei und nach Norden zunächst eine verlaufen werden. Für den ersten Ausbau mit nur zwei Generatoreinheiten und einem Transformator ist ein bedeutend reduziertes Schema gewählt worden, wie aus Fig. 14 a hervorgeht. Im Schema nicht eingezeichnet ist ein provisorisch aufgestellter Transformator 8/50/80 kV (siehe S. 671).

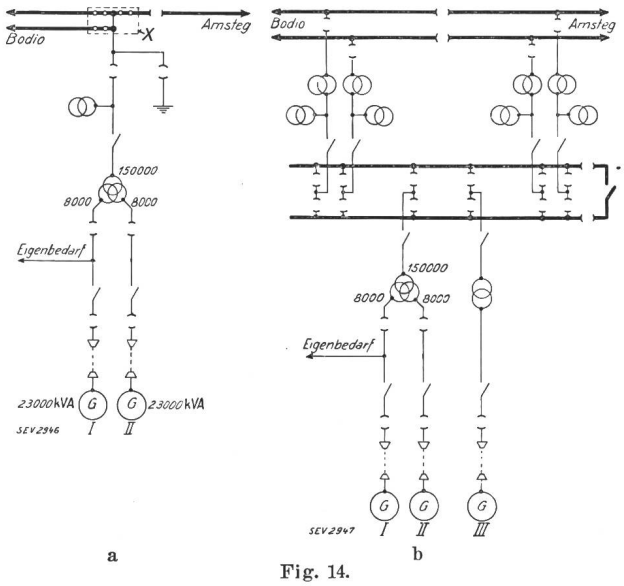


Fig. 14.
Kraftwerk Piottino. Schema der Schaltanlage.
a heutiger Ausbau
(× lösbare Schlaufenverbindungen am ersten Mast.)
b späterer Ausbau.

Die Hilfsbetriebe werden im normalen Fall nicht von der Generatorenanlage, sondern durch Fremdstrom aus dem 8-kV-Netz der Tre-Valli versorgt. Sollte aus irgend einem Grunde diese Stromquelle einmal versagen, so kann die Speisung auch von den Generatoren oder vom Oberspannungsnetz her erfolgen, in dem ein Abzweig zwischen einem Maschinenspannungsölschalter und der zugehörigen Transformatorwicklung geschaffen wurde. Eine gleichzeitige Speisung aus dem Tre-Valli-Netz und aus der Piottinoanlage wird durch elektrische Verriegelungen verunmöglicht.

Sowohl die Oberspannungsanlage als auch die Schalteinrichtungen der Maschinenspannung und die Transformatorenstation, für den Eigenbedarf, sind als Freiluftanlage ausgebildet und befinden sich auf einer neben dem Maschinenhaus tessinaufwärts angelegten Ebene. Als Oberspannung ist zunächst eine solche von 150 kV gewählt worden. Es ist aber bei vereinfachtem Schema noch mög-

lich, Einrichtungen für wesentlich höhere Spannungen auf dem vorhandenen Platz unterzubringen.

Von den Generatoren wird die Energie über Dreiphasenkabel bis in die unmittelbare Nähe der Transformatoren geleitet. Diese Kabel bestehen aus 3 verseilten, einzelverbleiten Einleiterkabeln von je 300 mm² Querschnitt, welche ohne Hanf oder Jutebeilauf durch ein offen gewickeltes Eisenband für den Schutz gegen mechanische Beanspruchungen bei Kurzschluss gebunden sind. Für jeden Generator von 23 000 kVA sind 4 solcher Kabel parallel geschaltet, die einer Dauerbelastung von $4 \cdot 463$ A = 1852 A genügen. Bei einem Defekt an den Wicklungen der Generatoren oder an den 8-kV-Kabeln wird durch Differentialrelais der Maschinenspannungsschalter geöffnet, der Generator entregt und dessen Brandschutz ausgelöst.

Für den Transformator ist Buchholzschutz vorhanden, sowie Schnellauslösung der Oelschalter für den Fall eines Klemmenüberschlages vorgesehen. Die Maschinenspannungsschalter sind für eine Abschaltleistung von 650 000 kVA bei 8 kV gebaut, der Oberspannungsschalter für eine Abschaltleistung von 1 500 000 kVA.

Der Transformator selbst mit einer dauernden Belastbarkeit von 46 000 kVA und einem Leerlaufübersetzungsverhältnis von 8,2 auf 145 kV + $2 \cdot 5$ % ist für Luftkühlung durch zwei Kühlerbatterien gebaut, welche durch je einen Ventilator von ca. 10 kW Leistung beblasen werden. Der Oelumlauf erfolgt nach dem Thermosyphonprinzip ohne Pumpen.

Alle Oelschalter und die wichtigsten Trenner sind von der Kommandostelle im Maschinenhaus durch Fernsteuerungen bedienbar. Die Kommandostelle ist so gelegen, dass von derselben aus sowohl der Maschinensaal als auch die Freiluftanlage überblickt werden kann. Sie enthält ein Maschinenpult mit den erforderlichen Regulier- und Schalteinrichtungen für die Generatoren und die Hochspannungsanlage. Hufeisenförmig sind zu diesem Schaltpult die wichtigsten stehenden Schalttafeln so angeordnet, dass alle betriebswichtigen Instrumente usw. ohne Standortänderung leicht überblickt werden können. Den Mittelteil dieses Hufeisens nimmt eine Rückmeldetafel ein mit dem generellen Schema, in welches diejenigen Messinstrumente als Schattenpfeilinstrumente eingebaut sind, die zur Beurteilung des Belastungszustandes erforderlich sind.

Ebenfalls in der Kommandostelle sind alle Hilfsdienst-Schalttafeln und die Relaistafeln, sowie die Felder für hydraulische Instrumente usw. untergebracht.

Zwischen Maschinenhaus und Apparatenkammer des Wasserschlosses ist für Signal-, Telephon- und Betätigungszwecke ein selbsttragendes Luftkabel verwendet: es besitzt zwei Telephonaderpaare und 8 Aderpaare für Betätigungs- und Signalzwecke.

Der Schutzerdung der ganzen Anlage wurde grösste Aufmerksamkeit geschenkt, da im oberen Tessintal die Erdungsverhältnisse im allgemeinen sehr ungünstig sind. Es wurde immerhin ein Ausbreitungswiderstand der Gesamtelektrode in der Grössenordnung von 1 bis 2 Ohm erzielt.

Unterwasserkanal.

Die Ausläufe der drei Turbinen münden in ein gemeinsames Sammelbecken ein. Am unteren Ende des Sammelbeckens beginnt der eigentliche ca. 80 m lange Unterwasserkanal, welcher aus einem kreisrunden Eisenbetonrohr von 3 m lichter Weite besteht. Ein Verteilungsbauwerk am Ende des Unterwasserkanals ermöglicht, das Betriebswasser des Kraftwerkes Piottino durch entsprechende Einstellung der eingebauten Schützen, je nach Bedürfnis, direkt in das Kiesablagerungsbecken der Anlage Biaschina oder in das Tessinbett oder aber in ein später noch zu erstellendes Ausgleichbecken ausfliessen zu lassen.

Anschlussgleis.

Das Maschinenhaus ist durch ein normalspuriges Gleis, welches den Tessinfluss auf einer 70 m langen Brücke überquert, an die Station Lavorgo der SBB angeschlossen. Die Brücke ist als durchlaufender Träger über 3 Oeffnungen und mit obenliegender Fahrbahn konstruiert. Die Tragkonstruktion besteht aus zwei Differdinger-Trägern von 1 m Höhe und elektrisch aufgeschweissten Lamellen.

Kraftübertragungsleitungen.

Das Kraftwerk Piottino ist gegen Süden mittels einer 9 km langen 150-kV-Freileitung mit zwei Stromkreisen mit der Schalt- und Transformatorenanlage des Kraftwerkes Biaschina, das ebenfalls der Officine Elettriche Ticinesi S. A. in Bodio gehört,

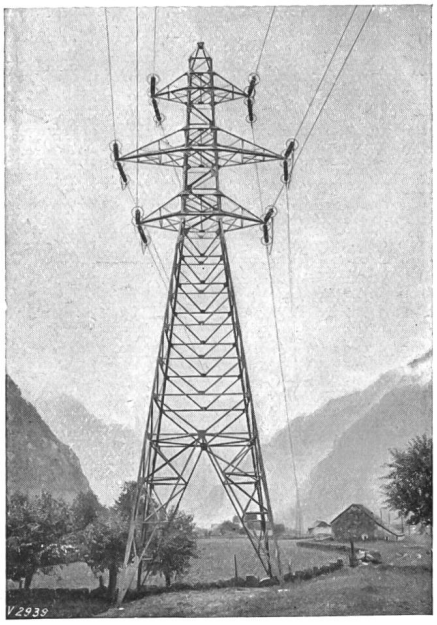


Fig. 15.
Winkelmast der 150-kV-Uebertragungsleitung Lavorgo-Bodio.

verbunden. Es besteht infolgedessen die Möglichkeit, vom Kraftwerk Piottino aus durch Transformierung in Bodio und Benützung der von dort ausgehenden, bestehenden 50- und 80-kV-Leitungen, die Energieabnehmer im Kanton Tessin und in Norditalien zu versorgen.

Zufolge besonderer Verhältnisse wird gegenwärtig provisorisch noch ein 13 000-kVA-Transformator 8/50/80 kV aufgestellt. Damit wird es möglich sein, je nach Schaltung der Oberspannungswicklung, direkt in das 50- oder 80-kV-Netz der Ofelti zu speisen, wobei im ersten Falle in die 50-kV-Verbindungsleitung der beiden Kraftwerke Biaschina und Tremorgio gespeist wird, während im

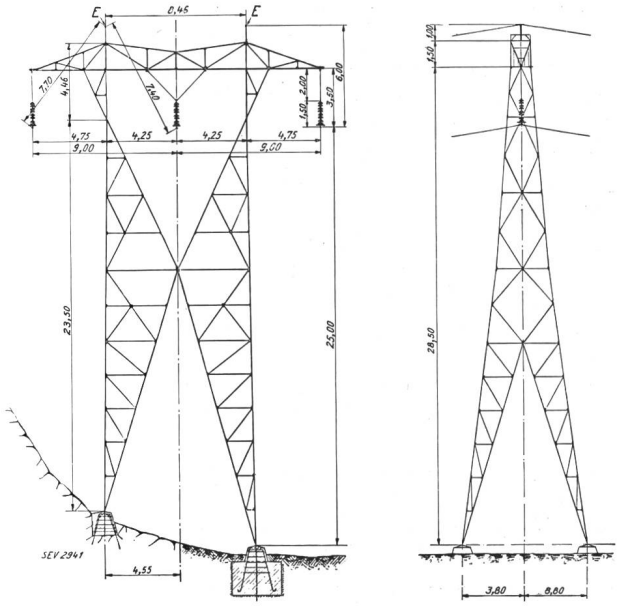


Fig. 17.
Gotthardleitung Lavorgo-Amsteg.
Stützmast bis 525 m Spannweite.

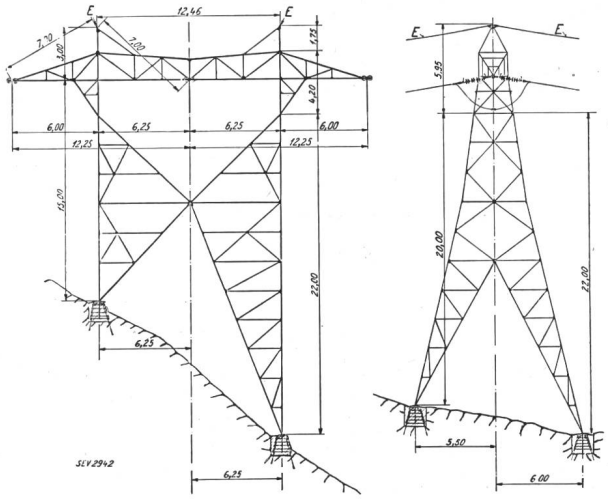


Fig. 18.
Gotthardleitung Lavorgo-Amsteg.
Abspannmast bis 1480 m Spannweite.

Fig. 16.
Gotthardleitung Lavorgo-Amsteg von Mast 49 bis Mast 167. Der Anfang der Leitung, von Mast 0 bis Mast 28, findet sich in Fig. 1. Maßstab 1:125000.
(Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 1. XII. 1932.)

zweiten Falle einer der zwei Stromkreise der 150-kV-Leitung Biaschina-Piottino als Speiseleitung in das 80-kV-Netz dient.

Wie eingangs erwähnt, konnte die Konzession nur unter der Verpflichtung der sofortigen Bauausführung erhalten werden. Damals war die Energienachfrage aus Norditalien noch rege und es bestanden Aussichten, wenigstens einen Teil der erzeugbaren Energie dorthin ausführen zu können. Infolge der Zollschranken, des Ausbaues von vielen neuen Kraftwerken in Italien und der seither eingetretenen allgemeinen Wirtschaftskrisis erscheint es jedoch auf Jahre hinaus nicht möglich, die bestehende Energieausfuhr nach Italien zu steigern. Es ergab sich somit die Notwendigkeit für die Officine Elettriche Ticinesi S. A., sich nach den nördlichen Absatzgebieten einen Weg zu schaffen, durch den Bau einer Uebertragungsleitung über das Gotthardmassiv. Da von Amsteg aus in nördlicher Richtung bereits die Gemeinschaftsleitung der SBB und der SK (Schweizerische Kraftübertragung A.-G.) besteht, von welcher ein Stromkreis zur Uebertragung von Drehstrom bestimmt ist, ist zunächst lediglich die Erstellung der 56 km langen Strecke Lavorgo-Amsteg notwendig. Der der SK gehörende Stromkreis Amsteg-Rathausen, der bisher mit 80 kV betrieben wurde, wird gegenwärtig auf eine Spannung von 150 kV umgebaut. Von Rathausen aus gehen die 150-kV-Leitungen des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich und der Bernischen Kraftwerke, zudem können durch Heruntertransformierung auf 50 kV in Rathausen die Verteilnetze verschiedener Unternehmungen, u. a. der Centralschweizerischen Kraftwerke und des Elektrizitätswerkes Olten-Aarburg erreicht werden. Da die Leitung über den Gotthard mit der Zeit ein wesentliches Glied von dem werden dürfte, was man als das schweizerische Höchstspannungsnetz bezeichnen kann, und da sowohl im Kanton Tessin als im Kanton Uri längs derselben bedeutende Wasserkräfte noch der Ausnützung harren, schien es geboten, sie derart auszuführen, dass ihre Leistungsfähigkeit wesentlich gesteigert werden kann, um so mehr, als in den engen Tälern, die zum Gotthard führen, der Raum für Leitungen äusserst beschränkt ist. Auf Grund dieser Gesichtspunkte ist das Gestänge derart bemessen, dass es mit der Zeit die für eine Spannung der Grössenordnung von 350 kV erforderlichen Isolatorenkettenlängen und Leiter mit dem zur Vermeidung von Energieverlusten durch Korona nötigen grösseren Durchmesser aufnehmen kann. Im ersten Ausbau jedoch ist die Spannung auf rund 150 kV beschränkt; die Leiter bestehen aus Kupferseil von 230 mm² Querschnitt. Die Möglichkeit ist vorgesehen, eventuell einen zweiten 150-kV-Stromkreis anzubringen.

Die Motor-Columbus A.-G. hat die Leitung Lavorgo-Amsteg gebaut und mit der Schweizerischen Kraftübertragung A.-G. und den Schweizerischen Bundesbahnen Verträge über den Transit Amsteg-Rathausen abgeschlossen. Die Leitung und diese Verträge sollen von der in Gründung begriffenen Gotthardleitung A.-G. übernommen werden, an der sich die Officine Elettriche Ticinesi, das Elektrizitätswerk Olten-Aarburg, die Motor-Columbus A.-G., die Centralschweizerischen Kraftwerke und die Schweizerische Kraftübertragung A.-G. beteiligen sollen.

Die Leitung ist in Ausführung begriffen und soll vor Jahresende betriebsbereit sein.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Elektrische Handbohrmaschinen bei Installationsarbeiten.

621.34 : 696.6

Trotzdem das Bohren bei Installationsarbeiten ein wichtiger Arbeitsgang ist, wird die elektrische Bohrmaschine selten verwendet. Die Löcher werden mühsam und mit viel Zeitaufwand von Hand geschlagen. Nicht nur arbeitet die elektrische Handbohrmaschine 8- bis 10mal schneller; sie schont auch die Mauern, Farbanstriche, Tapeten usw., während bei Handarbeit die durchschlagenen Mauern und deren Verkleidungen oft unnötig beschädigt werden. Ferner können mit der elektrischen Handbohrmaschine selbst im härtesten Gestein gleichmässige Löcher gebohrt werden. Auch für kleine Betriebe lohnt sich die Anschaffung einer elektrischen Handbohreinrichtung.

Wichtig ist die richtige Auswahl und Behandlung der Bohrer; Form, Härte und Schneidfähigkeit muss dem Material angepasst sein. Für Bohrungen in Mauerwerk oder stark porösen Baustoffen ist eine andere Art Bohrer notwendig, als für die Bearbeitung von Marmorplatten oder Blöcken anderer Gesteinsarten, die je nach Härte, Zähigkeit und Sprödigkeit ein besonders geformtes oder aus speziellen Stählen gefertigtes Bohrwerkzeug erfordern. Die heutige Werkzeugindustrie trägt aber fast allen diesen Sonderwünschen Rechnung und bringt Spezialbohrer für Installationsarbeiten verschiedenster Formen und Arten für die mannigfachsten Zwecke in den Handel. Sicher wird man auch, wenn man einen besonderen Verwendungszweck genau angibt, im Werkzeughandel sachgemäss beraten und bedient.

Ebenso wichtig wie die Auswahl passender Bohrstähle ist deren sachgemässe Behandlung im Gebrauch, von der die wirtschaftliche Nutzung und Erzielung guter Bohrergebnisse abhängig ist. Der Steinbohrer nützt sich in jeder Art seiner Verwendung rascher ab als der Metallbohrer oder gar der Holzbohrer, der seine Leistungsfähigkeit um das Vielfache länger behält. Grosse Sorgfalt muss daher auf das Nachschleifen der Stähle aufgewendet werden, das viel Gefühl und Geschick erfordert. Beim Schleifen von Hand kann durch übermässige Hitzeentwicklung oder durch ungleichen Nachschliff der Schneide der Bohrstahl verdorben werden. Ein Betrieb tut am besten, wenn er auch die Kosten für die Anschaffung einer kleinen Schleifmaschine nicht scheut, mit deren Hilfe auch ungelernte Arbeiter einen exakten Schliff des Werkzeugs erzielen, ohne es zu verderben.

Für Zwecke der Trockenbohrung sind Werkzeuge erhältlich, die aus Sonderstählen gefertigt sind. Für Steinbohrungen sind auch mit Kühlrohr versehene Bohrstähle zweckmässig, und zwar sowohl solche für Oel- als auch für Wasserkühlung. Die Carolit-Steinbohrer, deren Schneide aus hartem Widiastahl hergestellt ist, besitzen eine Drahtschlange, die verhindert, dass das Bohrmehl sich festsetzt und den Bohrer einklemmt. Bohrstähle aus Widiametall, die sich in der Metallbearbeitung, im Bergbau- und in verschiedenen anderen Gewerben für alle nur denkbaren Bohrarbeiten rasch eingeführt haben, werden nun auch in der Kleinbohrmaschine eine grössere Verwendung finden, zumal es erst seit kurzer Zeit gelungen ist, Schneiden herzustellen, die beim Bohren im harten Gestein, selbst bei etwa 800 U/m nicht mehr weich werden.