

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 75/76 (1920)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Die 100000 PS-Wasserkraftanlage Gubavica bei Duare, Dalmatien  
**Autor:** Zigerli, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-36495>

### **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:** 14.03.2025

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

INHALT Die 100 000 PS-Wasserkraftanlage Gubavica in Duare, Dalmatien. — Wettbewerb für den Neubau der Schweizerischen Volksbank in Zürich. — Neuere Anwendungen der elektrischen Revel-Kessel in der Schweizerischen Industrie. — Association internationale des chemins de fer. — Nekrologie: Ed. Rubin. — Miscellanea: Schweizerisches Starkstrominspektorat. — Die Genter Altar-Bilder. Motorwagen-Betrieb mit Sauggas. Die Einsteinsche Relativitäts-Theorie. Eidgenössische Technische Hoch-

schule. Ausbau des Hafens von Vigo. Ein zwölfschiger Tiefadewagen von 110 t Tragfähigkeit. Die Roheisenerzeugung in den Vereinigten Staaten im Jahre 1919. Die schweizerische Torfgewinnung im Jahre 1919. — Literatur. — Vereinsnachrichten Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Bernischer Ingenieur- und Architekten-Verein. St. Gallischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender. Stellenvermittlung.

Band 76.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 4.

## Die 100 000 PS-Wasserkraftanlage Gubavica bei Duare, Dalmatien.

Von Ing. P. Zigerli, Zürich.

(Schluss von Seite 26.)

### Druckleitung.

Zwei nebeneinanderliegende Rohrleitungen von einer abgewinkelten Länge von fast 190 m führen das Wasser zu den Turbinen (Abb. 25 und 26). Die Leitungen bestehen aus genieteten Blechröhren von 8 bis 21 mm Stärke, haben beim Austritt aus dem Wasserschloss einen Durchmesser von 2300 mm und verjüngen sich nach unten bis auf 1700 mm; die Wandstärken sind mit einer maximalen Beanspruchung von 650 kg/cm<sup>2</sup> im vollen Blech berechnet. Jeder Rohrschuss ist 6 m lang; das Gewicht jeden Rohrstranges beträgt rund 210 t; die Leitungen ruhen auf Betonsockeln mit eisernen Gleitsätteln. Drei grosse Fixpunkte in Stampfbeton verankern die Rohrleitungen, die wie üblich mit Expansionen versehen sind. Vor dem Maschinenhaus teilt sich jeder Strang in zwei Leitungen, um die beiden Turbinen-Gruppen zu speisen; die Hosenrohre an den Verteilungsstellen sind aus Stahlguss. Beim Anschluss an die Gehäuse haben die Rohre noch 1150 mm  $\Phi$ . Am tiefsten Punkte der Rohrleitungen ist eine Entleerungsleitung von 150 mm Weite angeschlossen. Die maximale Druckhöhe beträgt 109,80 m, das maximale Gefälle 181 ‰.

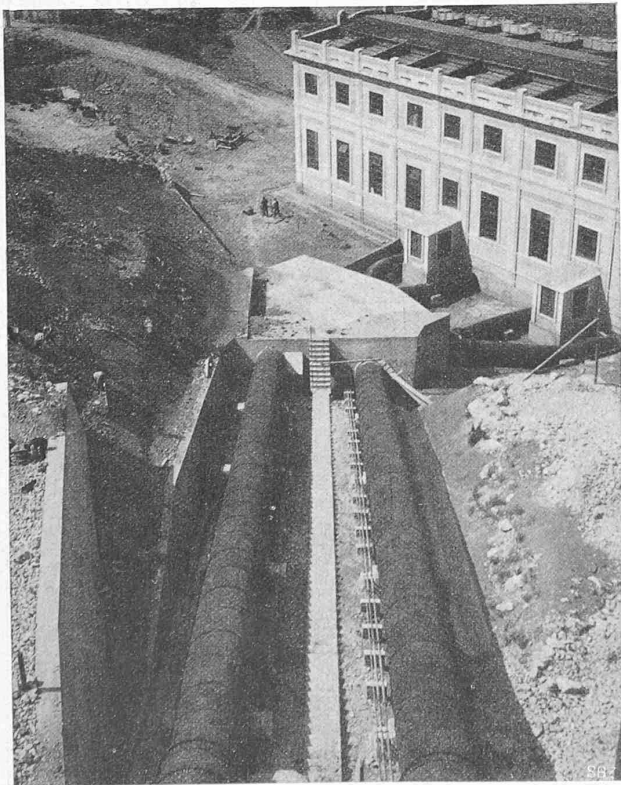


Abb. 26. Blick auf den untern Teil der Rohrleitung.

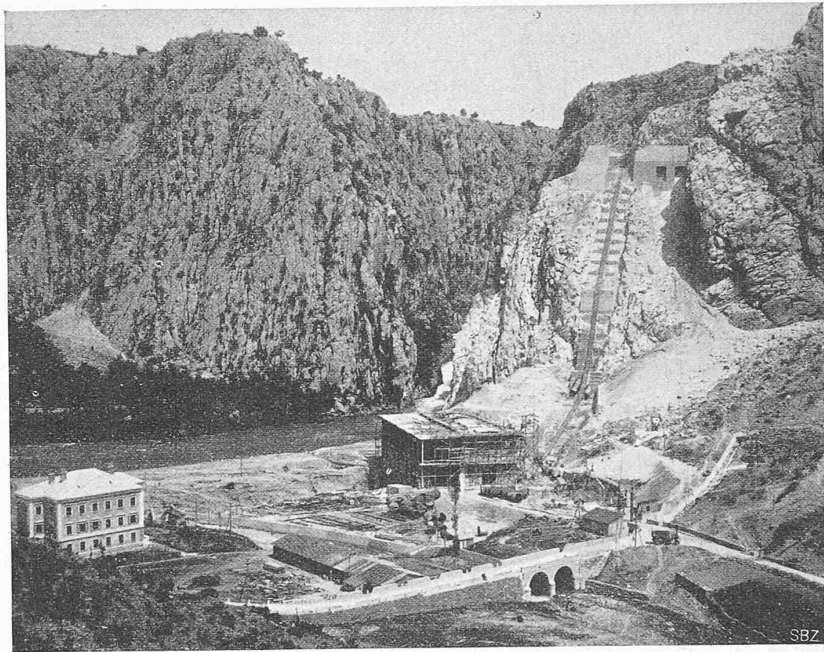


Abb. 25. Wasserschloss, Druckleitung und Maschinenhaus im Bau.]

Die Bauausführung bot insofern einige Schwierigkeiten, als die Rohrbahn im untern Teil über eine tiefe Lehm- und Geröllhalde führt, die lange in Bewegung war. Tiefe Gründungen bis auf den standfesten Kalkmergel und geeignet angelegte Entwässerungsgräben brachten diese Erscheinung nach etwas mehr als Jahresfrist zur Ruhe. Die Montage der Rohrleitungen geschah von unten aus; eine zwischen den Rohraxen angelegte Drahtseilbahn, durch eine am Wasserschloss aufgestellte elektrisch betriebene Aufzugwinde betätigt, vermittelte den Transport der Rohre an die Montagestellen. Die gesamten Rohrstücke wie auch die Maschinenteile der Turbinen und Generatoren wurden auf dem Seeweg nach Makarska (vgl. Abb. 1) gebracht und von dort mittels Fuhrwerk über 20 km weit auf der Reichsstrasse, die zu diesem Zwecke an verschiedenen Stellen erweitert werden musste, zur Baustelle geschafft.

### Maschinenhaus.

Das Maschinenhaus ist schief zur Rohrax der Druckleitung angeordnet, und zwar sowohl mit Rücksicht auf den Unterwasserkanal als auch wegen der späteren Verlängerung der Zentrale, die sonst in die Berglehne zu stehen gekommen wäre; es ist vollständig in Eisenbeton erstellt und auf tragfähigem Kalkmergel fundiert. Der früher an dieser Stelle in die Cetina mündende Kraljevac-Bach wurde verlegt und in den Unterwasserkanal eingeführt, nachdem man das Bachbett bis auf 500 m oberhalb der Zentrale reguliert und die starke Geschiebeführung durch Einbau von gemauerten Querriegeln vermindert hatte.

Der Maschinensaal ist im Lichten 44 m lang, 14 m breit und 13 m hoch; sein Fussboden liegt auf Kote 58,50 und 2,20 m über dem grössten Hochwasserstand. Nur durch Säulen davon getrennt, befindet sich nebenan der Transformatorraum von 30 m Länge, 10 m Breite und 6 m Höhe; darüber liegt die Schalt- und Verteilungsanlage mit Apparatenraum. Kleinere Räumlichkeiten im Parterre dienen als Werkstätte, Magazin und Bureau. Die Fundamentbauten unter den Maschinen sind aus Abb. 27 ersichtlich; die in Stampfbeton ausgeführten, peinlich luft-

und wasserdicht mit Zementmörtel verputzten grossen Aspiratoren unter den Turbinen stellen eine Präzisionsarbeit dar. Auf dem Dach befindet sich ein 44 m langes, 1 m hohes und 70 cm weites Wasserreservoir aus armiertem Beton, für das Brauchwasser der Zentrale. Das Dach ist

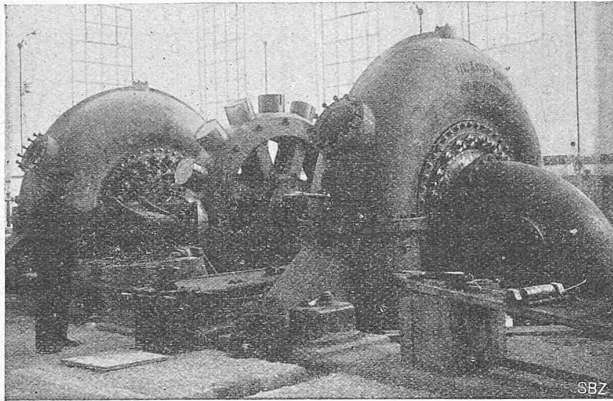


Abb. 28. Maschinengruppe von 18000 PS, in Montage.

mit Ruberoidpappe eingedeckt. Ein Dachaufsatz über dem Maschinensaal mit hölzernen Jalousieen dient zur Ventilation.

Der Unterwasserkanal (vergleiche Abb. 21) ist rund 400 m lang, hat ein Gefälle von  $1\text{‰}$  und besitzt ein Normalprofil von 11 m Sohlenbreite und 3,60 m Höhe. Er ist ebenfalls vollständig in Zementbeton ausgeführt und ist beim Maschinenhaus als Becken ausgebildet. Vom untern Ende der Druckleitung weg bis zur Ausmündung des Unterwasserkanals ist längs des Flusses ein Uferschutz aus grösseren Steinen erstellt.

Ein Beamtenwohnhaus in der Nähe der Zentrale (Abb. 25 links) vervollständigt die Anlage.

**Maschinelle Einrichtung.** In der Zentrale sind vorläufig zwei Maschinengruppen zu je zwei Francis-Spiral-turbinen und dazwischenliegendem Drehstrom-Generator aufgestellt (Abb. 28 und 29). Die zwei Doppel-Turbinen ergeben bei einem Wasserkonsum von je  $15\text{ m}^3/\text{sek}$  und einer Umdrehungszahl von  $n = 375/\text{min}$  eine effektive Leistung von je 18000 PS. Zwei Laufräder in separatem Gehäuse sind fliegend je rechts und links vom Generator auf der gleichen Welle angeordnet und besitzen separaten Leitapparat und ebensolches Saugrohr, alles aus bestem Gussstahl erstellt. Ein gemeinsamer automatischer Regulator wirkt auf die Leitapparate beider Räder; die Hebelsysteme der Drehschaufeln sind aussenliegend angeordnet. Eine besondere, durch ein Peltonrad angetriebene Zahnradpumpe liefert das Öl zum automatischen Regulator mit einem Druck von 6 bis 10 at; jede der zwei Maschinengruppen hat eine eigene Pumpe.

Die zwei zwischen den Halbturbinen liegenden Drehstrom-Generatoren liefern je 16 000 KVA bei einem Leistungsfaktor  $\cos \varphi = 0,8$ ; die Spannung beträgt 4000 Volt, die Periodenzahl =  $50/\text{sek}$ , die Polzahl 16 und die Umdrehungszahl  $n = 375/\text{min}$ . Die Generatoren sind nach Art der Turbogeneratoren vollkommen gekapselt; die Ventilation ist nach Patent Bläthy so angeordnet, dass die erzeugte Wärme in unterirdischen Kanälen abgeleitet wird. Die Hohlwelle, die die Saugräume der beiden Halbturbinen verbindet und das Vakuum zur Verhinderung eines eventuellen Seitenschubes ausgleicht, ist in zwei Lagern ge-

lagert. Diese haben Ringschmierung; die Lagerzapfen sind 990 mm lang und weisen einen Durchmesser von 330 mm auf. Die Erregermaschinen sind an der Verlängerung der Welle direkt gekuppelt. Samt Welle beträgt das Gewicht eines Rotors 50 t, das eines kompletten Generators rund 90 t. Die Generatoren ergaben folgende Nutzeffekte:

|             |               |               |               |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| Belastung:  | $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}$ | $\frac{1}{1}$ |
| Nutzeffekt: | 96,5 %        | 97,0 %        | 97,5 %        |

Zwei Drehstrom-Öltransformatoren mit Wasserkühlung für je 16 000 bis 21 000 KVA erhöhen die Generatorspannung von 4000 auf 56 000 Volt. Jeder Transformator wiegt komplet 35 t; des schwierigen Transportes wegen durften die einzelnen Maschinen-Teilstücke ein Gewicht von 10 t nicht überschreiten.

Jede Gruppe: Rohrleitung, Turbine, Generator, Auf-Transformator, Fernleitung und Abtransformator, bildet ein zusammenhängendes Ganzes, das vom andern Aggregat vollkommen unabhängig ist, was die Schalteinrichtung aufs äusserste vereinfacht. In der Zentrale angeordnete Maximalstrom-, Maximal- und Minimal-Spannungs- und Differentialrelais besorgen das Abstellen der Gruppe bei allfälligen Störungen. An Hilfseinrichtungen der Zentrale sind zu erwähnen: eine 30 kW Pelton-Dynamo für Beleuchtungszwecke und zum Betrieb des Laufkranes von 50 t Tragkraft; eine

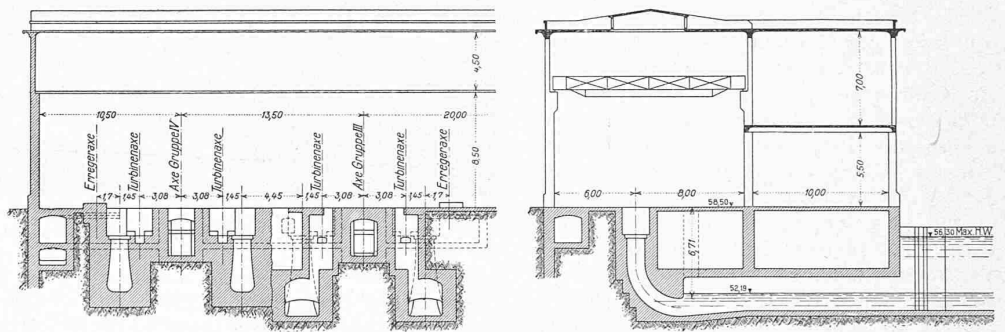


Abb. 27. Längsschnitt und Querschnitt des Maschinenhauses. — Masstab 1:500.

Druckwasserpumpe zur Förderung des Druckwassers in das Hochreservoir zur hydraulischen Betätigung der Segment-Schützen am Wasserschloss, schliesslich zwei kleine Pelton-Turbinen zum Antrieb der Zahnradpumpen für das Drucköl der automatischen Regulatoren.

Für die Erweiterung bzw. den Ausbau der Wasserkraftanlage sind zwei Maschinengruppen zu je  $25\text{ m}^3/\text{sek}$ , bzw. je 30 000 PS, zusammen also 60 000 PS vorgesehen, wodurch mit den schon vorhandenen 36 000 PS insgesamt 96 000 PS ausgenützt sein werden.

#### Fernleitung.

Die Fernleitung führt durch das Cetinaltal bis gegen Almisa (welche Ortschaft nebst der dortigen Zementfabrik

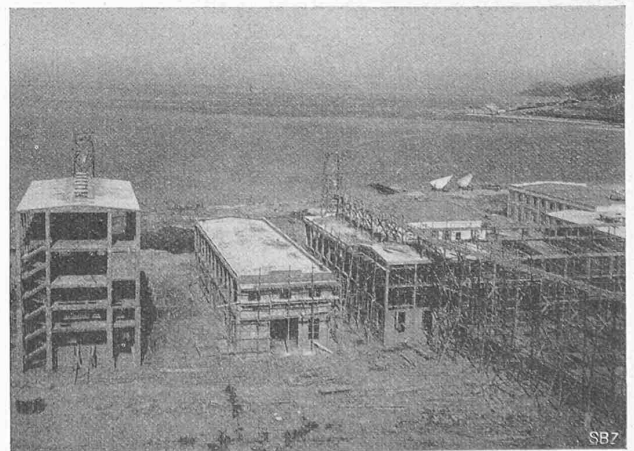


Abb. 30. Die Kalkstickstoff-Fabriken in Dugirat.



mit elektrischer Energie versorgt wird) und biegt in südwestlicher Richtung gegen die Fabriken in Dugirat ab; ihre Länge beträgt 23 km. Zwei Systeme von je drei Kupferdrähten mit je 8 mm Durchmesser sind auf gemeinsamem Eisengestänge verlegt, wobei die normale Spannweite zwischen zwei Eisenmasten 110 m beträgt.

Die Spannung, die beim Austritt aus der Zentrale 56 000 Volt anweist, vermindert sich bis zum Eintritt in die Fabriken auf 51 600 Volt; der Spannungsverlust auf 23 km Länge beträgt demnach 7,85 %. In den Fabriken in Dugirat (Abb. 30 u. 31) wird der Strom in der Unterstation durch zwei Drehstrom-Oeltransformatoren mit Wasserkühlung von je 12 bis 20 000 KVA auf 15 000 Volt herabgesetzt. Diese Spannung wird dann durch Einphasen-Oeltransformatoren von 2400 bis 3200 KVA noch weiter auf 100 bis 50 Volt für die elektrischen Oefen, bzw. auf 320 Volt für das Motorennetz erniedrigt.

Die Fernleitung dürfte wohl in absehbarer Zeit bis nach der von hier noch 20 km entfernten Stadt Spalato und eventuell noch bis Salona zu den dortigen Zementfabriken verlängert werden, um diese aufblühende Gegend mit Licht und Kraft zu versorgen.

#### Hilfszentrale für den Bau.

Die umfangreichen Bauarbeiten erforderten wo irgend angängig maschinelle Einrichtungen, die ihrerseits wiederum gut funktionierende und genügende Betriebsenergie verlangten. Dampfmaschinen wären infolge des umständlichen und kostspieligen Transportes von Brennstoffen zu teuer geworden, und so entschloss man sich zum Bau einer kleinen hydro-elektrischen Anlage von 175 PS. Sie wurde am Fusse des grossen Wasserfalles „Gubavica“ unter aussergewöhnlichen Schwierigkeiten angelegt und lieferte während der ganzen Bauzeit von vier Jahren nicht nur anstandslos die notwendige Energie zum Betriebe der zahlreichen Baumaschinen, wie Bohrmaschinen, Ventilatoren, Pumpen, Steinbrecher, Sandquetschen, Betonmischer, Aufzugwinden usw., sondern sie ermöglichte auch die Beleuchtung sämtlicher Baustellen und Bureaux und die Heizung von Wohnstätten; ausserdem wurde der Ortschaft Duare das Trink- und Brauchwasser aus dem Cetinafluss heraufgepumpt und bis ins Dorf geführt und endlich eine Privatmühle elektrisch angetrieben.

In tiefeingeschnittener unzugänglicher Schlucht, in unmittelbarer Nähe des tobenden Wasserfalles mussten unter ständiger Lebensgefahr erst Klettersteige angelegt werden, die auch nach ihrer Vollendung nur von schwindelfreien Leuten benützt werden konnten (vergl. Abb. 2 u. 3 in Nr. 1). Wenige Meter oberhalb des Wasserfalles und gleichzeitig 100 m weiter flussabwärts wurde ein Stollen in Angriff genommen, der nur wenige Meter von der Aussenwand des jäh abfallenden Felsens in diesem verläuft. Zur rascheren Entfernung des Ausbruchmaterials und der Lufterneuerung während des Baues wegen wurden

drei Seitenstollen von innen heraus durchgebrochen, die später als Ueberläufe dienten. Anfänglich 105 m lang, musste der Stollen später wegen des im Hochsommer aufgetretenen Wassermangels um weitere 100 m flussaufwärts verlängert werden, welches Stück teilweise als offener

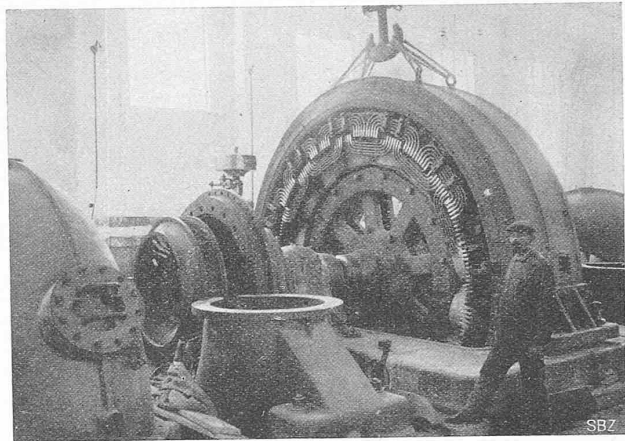


Abb. 29. Maschinengruppe im Bau (5000 PS-Turbinen-Laufrad).

Kanal ausgebildet werden konnte. Der Stollen ist 1,20 m breit und 1,60 m hoch und hat ein Gefälle von 6 Promille; die Sohle wurde betoniert, die übrigen Teile wurden roh gelassen. Bei Hochwasser steht der ganze Stollen unter Druck.

Die Druckleitung beginnt noch im Stollen und besteht aus 350 mm gusseisernen Muffenröhren, die mit Hanf und Blei gedichtet sind, und hat eine abgewinkelte Länge von rund 100 m, das Bruttogefälle beträgt 43 m. Die ganze Druckleitung führt über glitschig lehmigen Kalktuff und die Erstellung der gemauerten Steinsockel war eine äusserst mühsame, zumal diese ganze Stelle unter ständigem intensivem Sprühregen vom Wasserfall her steht. Die Zentrale musste vollständig in die Felswand eingesprengt und der grossen Feuchtigkeit halber vollständig isoliert und ausgekleidet werden; der Raum ist 4 m breit, 5 m lang und 4 m hoch. Ein Peltonrad trieb hier den 175 PS-Drehstrom-Generator an, ein kleines Schaltbrett und ein Telefon vervollständigten die Einrichtung.

Zum Transport von Turbine, Dynamo und Leitungsröhren, sowie des Baumaterials musste in dem bestehenden Couloir eine Drahtseilbahn von 250 m Länge erstellt werden, die eine vertikale Höhe von 140 m überwindet. Im Bereiche der Sprühregen, von der Zentrale aufwärts, wurden die elektrischen Leitungen als Kabel verlegt, während sie vom Stollenausgang an als Freileitung ausgeführt wurde, die die Energie nach den verschiedenen 1 bis 2 km entfernten Baustellen übertrug. Der Drehstrom wurde an der Maschine mit 330 Volt Spannung abgegeben und kam mit 300 Volt an den Baustellen in den verschiedenen Motoren zur Verwendung.

Die Unzugänglichkeit der Anlage brachte es mit sich, dass man nach erfolgter Bauvollendung von einer Bergung der maschinellen Einrichtung absah und die ganze Installation ihrem Schicksal überliess; die Maschinen stehen heute noch unten. Die Gesamtbaukosten samt maschineller Einrichtung beliefen sich auf rund 100 000 Kr., bzw. auf 570 Kr./PS.

#### Anlagekosten.

Die gesamten reinen Baukosten für den fast durchwegs auf 100 000 PS ausgebauten hydraulischen Teil der Anlage erreichten rund 3,7 Millionen Kronen, also 37 Kr./PS; den Grunderwerb und die sonstigen Neben-Unkosten eingerechnet, erhöht sich der Preis für 1 PS auf 41 Kronen. Die maschinellen und elektrischen Installationen, sowie die 23 km lange Fernleitung mit allen Nebenkosten inbegriffen, stellt sich die Kraft am Meere für den bestehenden Ausbau von 36 000 PS auf etwa 208 Kr./PS. Sind die ganzen

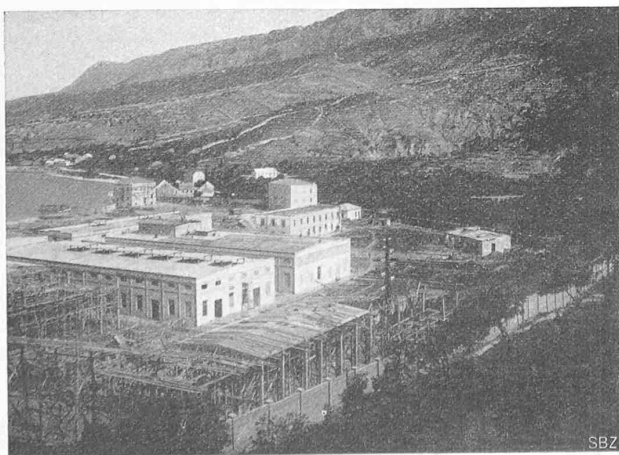


Abb. 31. Fortsetzung nach rechts von Abb. 30.