Das Wasserkraftwerk am Cismon bei Ponte della Serra

Autor(en): **Forti, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **61/62 (1913)**

Heft 25

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-30734

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Das Wasserkraftwerk am Cismon bei Ponte della Serra. — Auftreten und Bekämpfung von Ueberspannungen in elektrischen Anlagen. — Neuere Zürcher Giebelhäuser. — Die schweiz. Eisenbahnen im Jahre 1912. — Miscellanea: Der elektrische Hochofen bei Trollhättan. Der Verband der Studierenden der Eidgen. Technischen Hochschule. Schweiz. Bundesrat. Schweiz. Techniker-Verband. Schweizerische Binnenschiffahrt. Rhätische Bahn. Rückkauf der Jura-Neuenburgbahn. Schmalspurbahn Frutigen-Adelboden-Lenk. Berner Alpenbahn. Brienzerseebahn. — Nekrologie: Paul Lindt. — Konkurrenzen: Bebauungsplan für die Eierbrecht in Zürich. Schulhaus auf dem Emmersberg in Schaffhausen. Katholische Kirche St. Fiden-Neudorf. Kantonalbankfiliale Biel. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Ferienpraxis für Studierende. Stellenvermittlung.
Tafel 67 bis 70: Wohnhaus Blattmann in Wädenswil.

Band 61. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 25.

Das Wasserkraftwerk am Cismon bei Ponte della Serra,

ausgeführt von der „Società delle Forze motrici Cismon-Brenta" unter Leitung von Ingenieur *A. Forti* in Mailand [1]).

Allgemeines. Der Fluss Cismon entspringt in den Dolomiten im Südtirol und vereinigt sich nach einem Laufe von etwa 40 *km* mit dem Fluss Brenta. Die Wasserfassung des Cismon geschieht mittels Stauwehr ungefähr 15 *km* oberhalb seiner Einmündung in die Brenta. Das Werk liegt ziemlich genau nordwestlich von Venedig in rund 70 *km* Luftlinie von dieser Stadt, nahe der österreichischen Grenze.

Sein Einzugsgebiet beträgt 496 km^2 und die Bodenbeschaffenheit ist günstig sowohl für ein gutes Aufsaugen, als auch für einen langsamen Abfluss des Wassers; die mittlere jährliche Niederschlagshöhe soll bis 1550 *mm* betragen. Wiederholte Wassermessungen am Cismon in Zeiten tiefsten Wasserstandes haben 6 m^3/sek ergeben, also einen Abfluss von rund 12 *l/Sek.* für den km^2. Da jedoch diese Minimalwassermenge nur kurze Zeit andauert und der durch einen Staudamm erzeugte See als Ausgleich dienen soll, wurde der Stollen für das Kraftwerk für eine maximale Wassermenge von 15 m^3/sek ausgeführt. Das nutzbare Gefälle beträgt 54 *m*, sodass eine Kraft von 4500 bis 7500 elektr. *PS* von 736 Watt gewonnen werden kann.

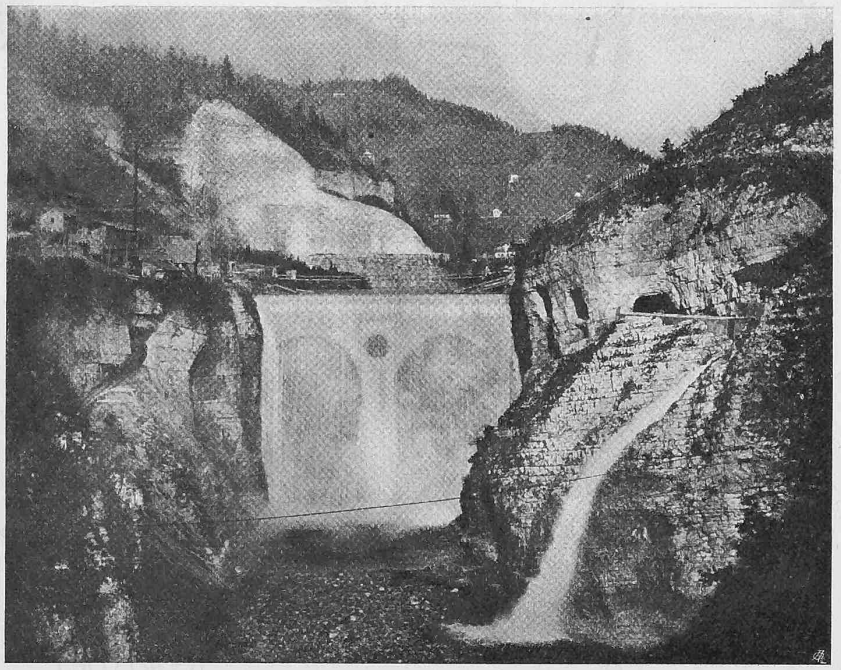


Abb. 3. Ansicht des Stauwehrs vom Ponte della Serra, von Süden.

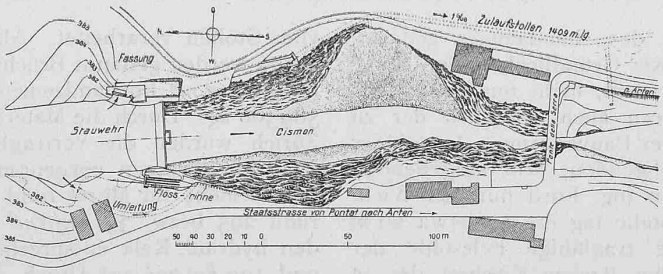


Abb. 1. Lageplan der Wehrstelle. — Masstab 1 : 4000.

Das Stauwehr befindet sich beim „Ponte della Serra" (Abb. 1). Es erhöht den ursprünglichen Wasserstand des Flusses um etwa 34 *m*, womit ein Staubecken von über 4 Millionen m^3 Wasser gebildet wird. Das Wehr bot wegen seiner Abmessungen und verschiedener wasserbautechnischer Probleme, sowie wegen des bedeutenden Wasserdruckes von max. 47 *m* auf die Fundationen besondere Schwierigkeiten für die Ausführung und bildet deshalb wohl den interessantesten Teil dieser Anlage. Abbildungen 2 und 3 zeigen die Konstruktion dieses Stauwehrs; für den zu wählenden Typ war massgebend die Höhe und Enge der Schlucht, sowie die Ungewissheit über die Grösse der Hochwasser. Erstere legten die Form eines liegenden Gewölbes nahe, letztere dagegen liessen ein Ueberfallwehr als geeignet erscheinen. Es wurde daher ein gemischtes System gewählt, bestehend aus einer horizontal gewölbten Staumauer, der eine von zwei normalen Gewölben und einem Mittelpfeiler gestützte gerade Ueberfallkrone vorgesetzt ist (Abb. 2). Das überlaufende Wasser stürzt somit in ziemlicher Entfernung von den Fundationen in das untere Flussbett, sodass der Mauerfuss nicht beschädigt wird. Die Hochwasser des Cismon werden zu etwa 600 m^3/sek geschätzt, die Wasserbauten wurden jedoch sicherheitshalber für eine maximale Hochwassermenge von 1000 m^3/sek berechnet. Obwohl für letztere teilweise auch die nachfolgend beschriebenen Abzugskanäle dienen, kann am Ueberfall die Höhe des überstürzenden Wassers bis zu 2 *m* betragen.

Die Wasserfassung erfolgt auf dem linken Ufer des Flusses, 25 *m* oberhalb des Ueberfallwehres; das Wasser tritt zunächst in einen Sammelkanalstollen von 6,60 *m* Breite, 7 *m* Höhe und 45 *m* Länge mit drei Einlaufschützen von je 2,50 *m* Breite. Die Einlaufschwelle liegt auf 375,0 *m* ü. M. Am Ende dieses Stollens befindet sich ein seitlicher Ueberfall von 47 *m* Länge und eine Ablassschütze für Kies und Sand (Abb. 1 bis 3). Die Oberkante dieses Ueberfalls liegt 1,80 *m* tiefer als diejenige des Wehres, sodass bei kleinern Hochwassern dieser seitliche Ueberfall für Abführung des überschüssigen Wassers ohne Oeffnung besonderer Schleusen genügt.

Neben dem Einlauf des Turbinenkanals und schräg zu diesem gerichtet findet sich der Eintritt eines zweiten kurzen Stollens für Abführung von Kies und Sand. Der Einlauf dieses Stollens liegt 1,50 *m* tiefer als jener des Hauptstollens; seine Breite ist 2,50 *m* und die Höhe wechselt zwischen 6 und 4,25 *m*. Das Sohlengefälle dieses Kiesstollens beträgt 11,32 %, sodass sich eine grosse Wassergeschwindigkeit einstellt, die Kiesablagerungen darin verhindert, obwohl z. Z., d. h. solange die Sohle des Stausees noch tiefer liegt als die Einlaufschwelle, von solchen keine Rede sein kann. Bei Hochwasser kommt dieser ganze

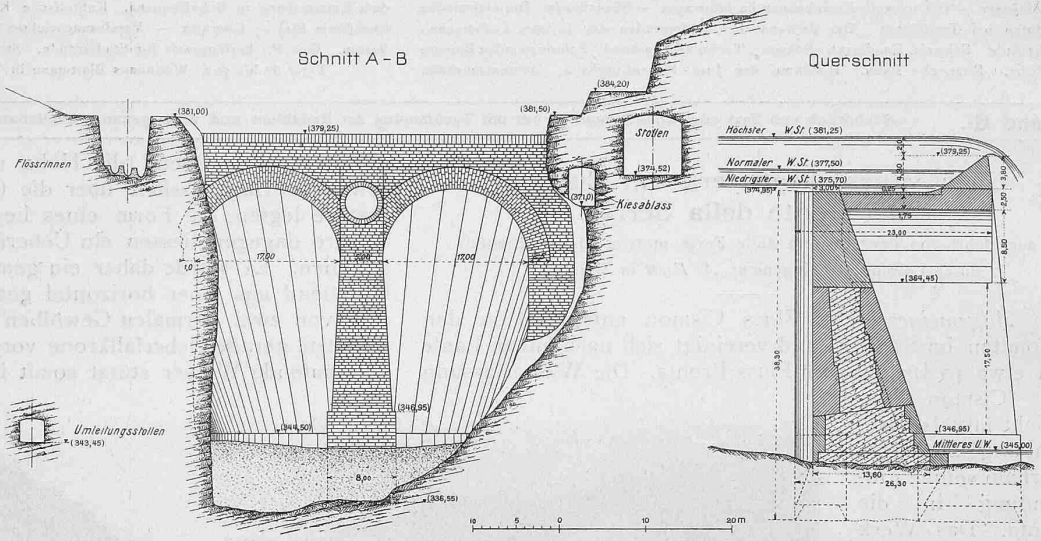
[1]) Nach einem an der „R. Scuola d'Applicazione per gli ingegneri in Padova" gehaltenen Vortrag des Bauleiters, Ingenieur *A. Forti*, Mitglied der G. e. P.

Stollen unter Druck, wobei er bis 250 m^3/sek Wasser abführen kann. Alle Schützen, sowohl für den Einlauf des Hauptstollens als des Kiesstollens, sind sowohl von Hand als auch mittels elektrischer Motoren regulierbar.

Auf dem rechten Ufer des Flusses, ebenfalls 25 *m* oberhalb des Ueberfallwehres, mündet ein dritter, aber offener Kanal ein, der zum Abführen von Baumstämmen dient, die laut bestehenden Rechten in einer Menge von 10000 bis 15000 m^3 jährlich durch den Fluss Cismon landabwärts geflösst werden (Abb. 4 und 5). Da der Eintritt der Baumstämme in diesen Flösskanal bei jeder beliebigen, um 3,50 *m* schwankenden Höhe des Wasserstandes geschehen muss, so sind am Eintritt drei parallele Kanäle in verschiedener Höhe angeordnet (Abb. 2 und 6). Nach etwa 20 *m* Länge vereinigen sich dann dieselben in einem einzigen Kanal von ovalem Querschnitt nach Abbildung 7, mit 1 *m* oberer Breite und 20% Gefälle.

Bevor wir zur Beschreibung der weitern Teile des Werks übergehen, sei der Bauausführung des Staudammes gedacht.

Das Wasserkraftwerk am Cismon bei Ponte della Serra.



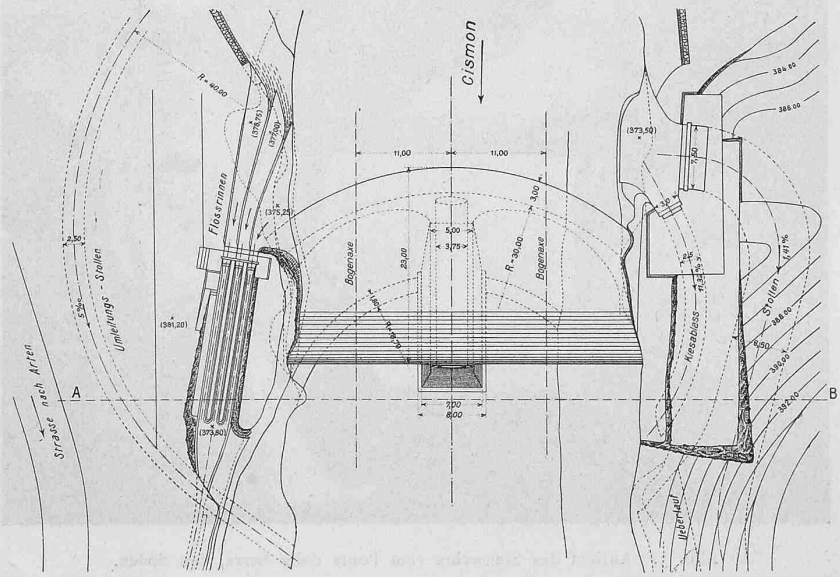
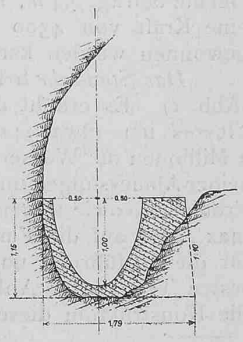


Abb. 2. Ansicht, Querschnitt und Grundriss der Staumauer. — 1 : 800.

Bauausführung. Mit grosser Gründlichkeit und Sorgfalt wurden die Vorstudien betrieben, nicht nur hinsichtlich der Wahl der Baustelle, sondern auch bezüglich der zu verwendenden Baustoffe und des Bauvorgangs. Es sei hier anhand des uns gedruckt vorliegenden, sehr eingehenden Vortrages des Bauleiters, Herrn Ing. Forti nur das Wichtigste mitgeteilt. An der Baustelle lag die auf etwa 20 *m* Breite annähernd horizontale tragfähige Felssohle der Schlucht 9 bis 10 *m* unter dem flachen Kiesbett des in Jurakalk eingeschnittenen Flusses. Als Bausteine kamen solche aus verschiedenen Brüchen links und rechts des Flusses zur Verwendung, die eine mittlere Druckfestigkeit von über 2000 kg/cm^2 aufwiesen. Sie wurden teils auf Fuhrwerken, teils mittelst einer Seilschwebebahn dem am linken Ufer, etwa 40 *m* über der Sohle liegenden Lager- und Werkplatz zugeführt. Dieser stand durch einen Hängesteg mit dem gegenüberliegenden Installationsplatz und dem Kies-, Sand- und Zement-Depot in Verbindung. Von diesen beiden Plätzen führten Rollbahnen an die Wehrstelle und unter zwei Kabelbahnen System „Blondin" von 2000 *kg* Tragkraft, die mit 55 *m* Stützweite über die Schlucht gespannt waren. Die obere derselben war fest, die untere nach Art eines Laufkrahns bis zu 36 *m* Abstand von der ersten verschiebbar; zu ihrem je einmännig geleiteten Betrieb dienten Elektromotoren von 10 bezw. 25 *PS*. Als mittlere Tagesleistung dieser Kabelbahnen werden angegeben 80 bis 100 Fahrten, doch liess sich die Gesamtleistung bis auf 250 tägliche Fahrten steigern. Die erforderliche Kraft lieferten zwei Dampflokomobilen von 50 und 70 *PS*, mit denen auch die übrigen Baumaschinen wie Luftkompressoren, Kollergang, Sandwaschmaschine, Mörtelmischer und dergl. betrieben wurden. Kies und z. T. auch Sand konnten dem Flussbett entnommen werden, daneben wurden auch Ausbruchmaterial vom Stollen verarbeitet. Als Gesamt-Kubaturen des Stauwehrs werden genannt Bruchstein 13500 m^3, Sand 8000 m^3, Kies 7000 m^3 Portlandzement 3322500 *kg* und hydr. Kalk 589500 *kg*. Durch die Materialprüfanstalten in Mailand und Zürich wurden die vertraglich ausbedungenen ständigen Kontrollprüfungen vorgenommen, die nach 28 Tagen für den Zement im Mittel rund 25 bezw. 28 kg/cm^2 Zug- und rund 295 bezw. 331 kg/cm^2 Druckfestigkeit aufwiesen, für den hydraul. Kalk entsprechend rund 11,4 kg/cm^2 auf Zug und 100 kg/cm^2 auf Druck. Auf Grund dieser Festigkeitswerte wurden die Mörtelmischungen festgesetzt, z. B. für bestes Bruchsteinmauerwerk (Wehrkrone, Gewölbe und wasserseitiges Verkleidungsmauerwerk) zu 500 *kg* Zement auf 1,15 m^3 Sand und für Füllbeton 250 *kg* Zement auf 0,50 m^3 Sand und 0,75 m^3 Kies. Demgegenüber waren der sehr sorgfältigen statischen Berechnung der Staumauer die ungünstigsten Annahmen zu Grunde gelegt, unter Anwendung z. B. einer max. Druck-Beanspruchung des oben erwähnten besten Bruchsteinmauerwerks von 12 kg/cm^2. Das gesamte Mauerwerk misst 19638 m^3, wovon 4390 m^3 auf die Fundationen ent-



Querschnitt durch die Flösserinne
M. = 1:80

Abbildung 7.

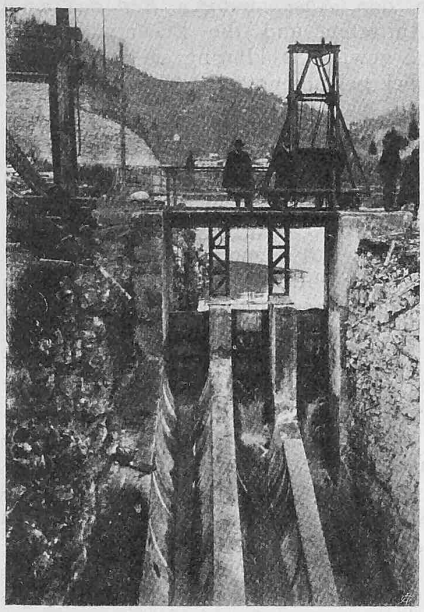


Abb. 6. Flössrinnen-Einläufe.

fallen; 11225 m^3 sind eigentliches Mauerwerk und 8413 m^3 Beton.

Der Bauvorgang wurde eingeleitet durch Anlage eines rechtsufrigen Umgehungsstollens von 2,5 × 2,5 *m* Querschnitt und 5 ‰ Gefälle, dessen Sohle am Einlauf wie am Auslauf 1,50 *m* unter dem ungestauten Mittelwasserstand des Cismon liegt. In der Folge wurde dann der Einlauf dieses Stollens durch eine kräftig gebaute, mittels hydraulischem Servomotor bewegte Schütze abgeschlossen (Abbildung 8, S. 331). Im Bauprogramm war sodann vorgesehen zuerst die Pfeiler-Caissons I und II (Abb. 9 und 10) niederzubringen und hierauf den linken und rechten Flügel der Staumauer nacheinander in offener Baugrube zu gründen; dabei sollte der Raum zwischen Caisson I und II als Pumpschacht dienen. Dieses Programm konnte nur bezügl. des Mittelpfeilers und der linken Wehrhälfte, wenn auch (infolge etwas grösserer Tiefe als erwartet und unterbrochen durch wiederholte Hochwasser) mit erheblichen Schwierigkeiten durchgeführt werden. In der rechtsufrigen Wehrhälfte dagegen gelang der Fundamentaushub in offener Baugrube mit Wasserhaltung nur bis 7,5 *m* unter das ursprüngliche Flussbett; ein Frühjahrhochwasser füllte die ganze Grube wieder zu und man sah sich genötigt, auch hier zur pneumatischen Fundation überzugehen.

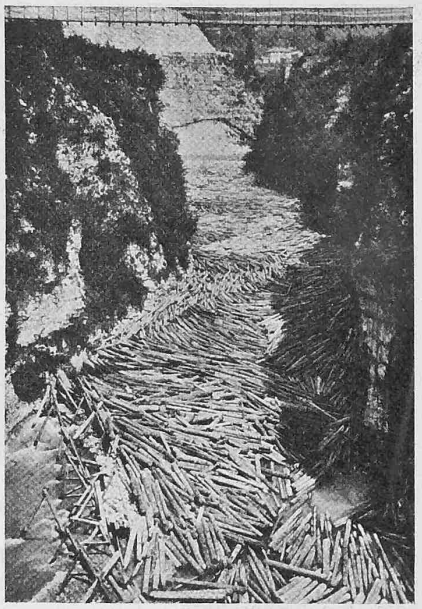


Abb. 5. Flössholz im Cismon.

Zu diesem Zweck erstellte man einen die ganze rechte Fundationshälfte deckenden Caisson III von 116 m^2 Grundfläche mit vier Steigrohren, dessen Grundriss in Abbildung 9 ersichtlich ist und der bis auf die anstehende Felssohle, d. h. rund 10 *m* unter M.-W. abgesenkt werden musste. Um das Schliessen der Fugen gegen den Mittelpfeiler einerseits und gegen die rechtsufrige Felswand anderseits zu ermöglichen, waren gegen jede dieser Fugen hin zwei Pumpschächte im aufgehenden Mauerwerk ausgespart worden. Indessen gelang es infolge der Durchlässigkeit des gelockerten Materials nicht, die Fugen mittels Wasserhaltung in freier Luft zu schliessen und man musste auch hierfür Druckluft zu Hilfe nehmen.

Abb. 13. Mauerung der Wehrkrone.

Die Fuge gegen den Mittelpfeiler wurde durch Eisenbetonwände oben und unten bis auf eine gewisse Tiefe abgeschlossen und unter Wasserhaltung bis auf Kote rund 338 offen ausgehoben. Hierauf überwölbte man den etwa 14 *m* langen schmalen Gang etwa auf Kote 341 und betonierte auf, unter Aussparung zweier Steigrohre, bis Fundament-Oberkante (Abbildung 9, Schnitt G-H). In der so geschaffenen Arbeitskammer wurde dann unter Druckluft der Aushub und, nach sorgfältigster Reinigung der Felssohle, die Ausbetonierung vollendet. Aehnlich ging man in der andern Fuge vor, wo man sich

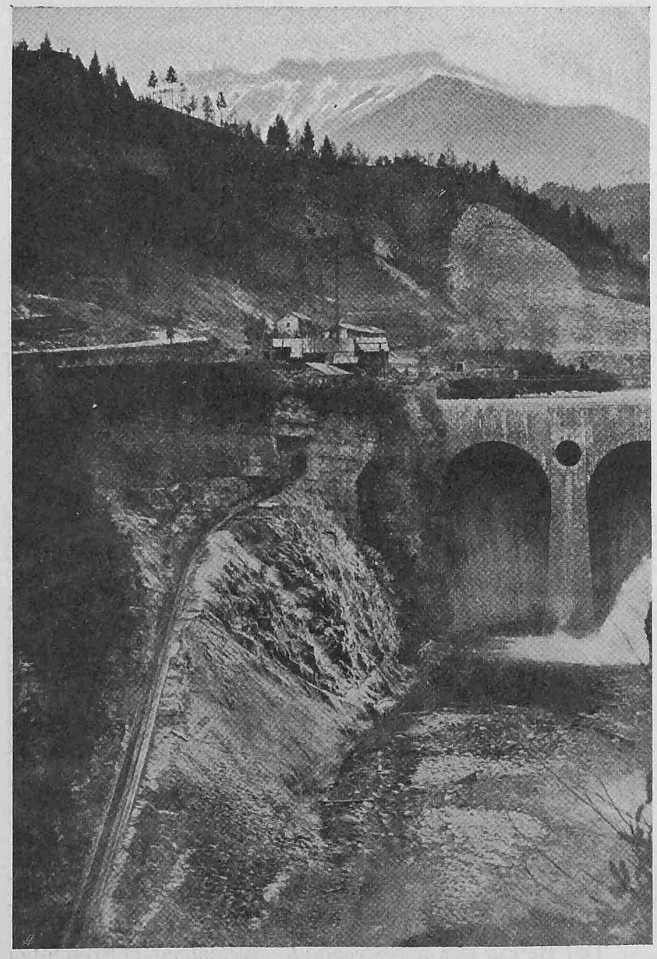


Abb. 4. Rechtsufrige Flössrinne nach dem Unterwasser.

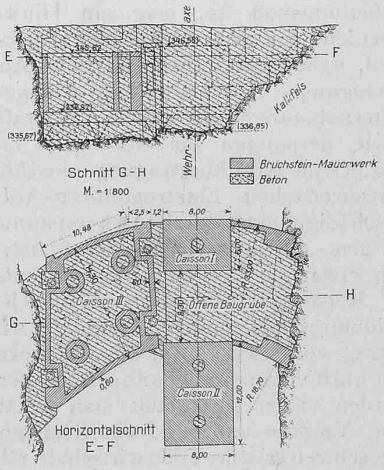


Abb. 9. Fundationsplan von Staumauer und Wehrpfeiler. — 1 : 800.

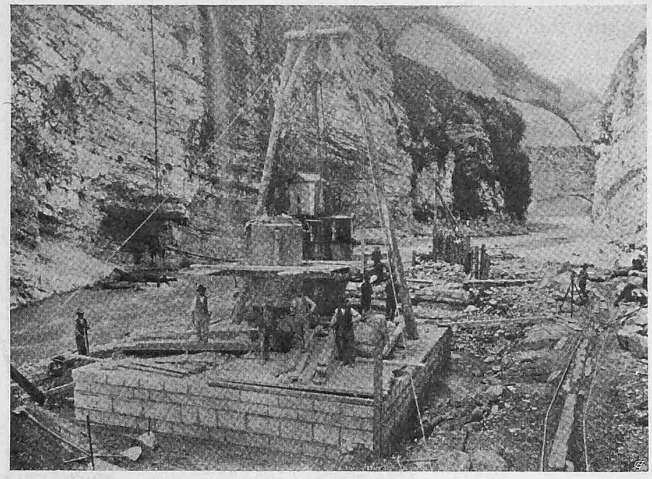


Abb. 10. Pfeiler-Caissons II im Betrieb.

aus räumlichen Gründen auf die Schaffung zweier kleinerer, den ausgesparten Pumpschächten entsprechenden Arbeitskammern beschränkte.

Natürlich wurde das aufgehende Mauerwerk, wie unsere Bilder 11 und 12 erkennen lassen, wo es ging, schon vor Beendigung aller Gründungsarbeiten also zunächst in der linken Wehrhälfte aufgeführt. Bis zur Kote 368 ist das wasserseitige Verkleidungsmauerwerk als liegendes Gewölbe wirkend gedacht und sind die Lagerfugen entsprechend gestellt; darüber hinaus genügt das Gewicht des horizontal geschichteten Mauerkörpers allein zur Aufnahme des Wasserdrucks (Abb. 12). Während des Baues waren in beiden Wehrhälften mit Rücksicht auf ausserordentliche Hochwasser sowie wegen der Holzflösserei Oeffnungen ausgespart, die erst nach Vollendung der Arbeiten zugemauert wurden. Am 27. Dezember 1909 schloss man nach fast dreijähriger, mehrfach gestörter Bauzeit die Schütze des Umleitungsstollens (Abb. 8) und begann damit die Stauung des Cismon.

Die Baukosten des Stauwehrs erreichten einschl. der Generalunkosten nicht ganz eine Mill. Fr. (Schluss folgt.)

Auftreten und Bekämpfung von Ueberspannungen in elektrischen Anlagen.

Von Prof. Dr. *W. Kummer*, Ingenieur, Zürich.

Seit etwa zehn Jahren bilden das Studium der Spannungserhöhungen in elektrischen Anlagen und die Erörterungen über die Möglichkeiten der Bekämpfung der Ueberspannungen ein ständiges Thema der elektrotechnischen Fachliteratur und ein ständiges Traktandum der elektrotechnischen Fachvereine. Da diese Angelegenheit nicht nur wissenschaftlich, sondern auch wirtschaftlich bedeutungsvoll ist, mag ein Hinweis auf den direkten Schaden, der alljährlich durch Ueberspannungen verursacht wird, naheliegen. Die elektrische Ausrüstung der Energie-Erzeugungs- und Verteilungs-Anlagen der Schweizerischen Unternehmungen für allgemeine Kraft- und Lichtversorgung sowie derjenigen für elektrische Traktion, Elektrochemie und private Kraftübertragung, einschliesslich der wichtigeren schweizerischen Elektromotoren-Anlagen, die allfälligen Beschädigungen durch Ueberspannungen ausgesetzt sein können, dürfte nach unserer Schätzung einem Baukapital von etwa 350 Millionen Franken entsprechen. Wenn nun für Reparaturkosten, die alljährlich direkt durch Ueberspannungserscheinungen bedingt werden, auch nur ein Betrag von etwa 1,5 ‰ des Anlagekapitals — in Wirklichkeit dürfte heute die Quote eher höher sein — aufgewendet werden muss, so kommt man schätzungsweise damit auf eine Ausgabe von rund einer halben Million Franken, die die schweizerische Volkswirtschaft alljährlich zur Behebung der durch Ueberspannungen entstandenen Defekte in elektrischen Anlagen im Minimum aufzuwenden hat.

Da nunmehr in den Anschauungen der Fachleute in Bezug auf das Auftreten und die Bekämpfung der Ueberspannungen eine gewisse Abklärung zu verzeichnen ist, dürfte der Augenblick gekommen sein, über den Gegenstand hier zu referieren.

Ueberspannungen aus einfachen Schaltvorgängen.

Die zuerst erkannten und studierten Ueberspannungen sind jedenfalls die durch Schaltvorgänge bewirkten Ueberspannungen. Bemerkenswerterweise hat man sie bei ihrer Entdeckung nicht als Störungen, sondern als wertvolle Hochspannungserzeuger behandelt, nämlich anlässlich der Erfindung der sog. Induktionsapparate, die reichlich ein Menschenalter älter ist, als die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips, das den Beginn der Entwicklung der Starkstromtechnik markiert. Als reine Störung an einer elektrischen Maschine dürfte diese Art Ueberspannungen wohl zum ersten Mal von demjenigen Elektriker empfunden worden sein, der als erster die Oeffnung des Erregerstromkreises einer unter Spannung stehenden Gleichstromnebenschlussmaschine vorgenommen hat. Indessen hat man auch schon anlässlich der Ausbildung von Induktionsapparaten sehr frühzeitig störende Nebenwirkungen der Primärstrom-Unterbrechungen festgestellt und durch geeignete Massnahmen bekämpft. So hat schon *Fizeau* die lästigen Unterbrechungsfunken durch Anschliessen eines Kondensators an die Unterbrechungspunkte wirksam bekämpft und damit, wohl als erster, den Reflexions-Schutzwert des Kondensators gegen Ueberspannungen bezw. Ueberströme — nämlich die sog. Extraströme — benutzt.

Der Betrag der bei *Stromunterbrechungen* auftretenden Spannungserhöhung ist indessen ein wesentlich anderer,

Das Wasserkraftwerk am Cismon.

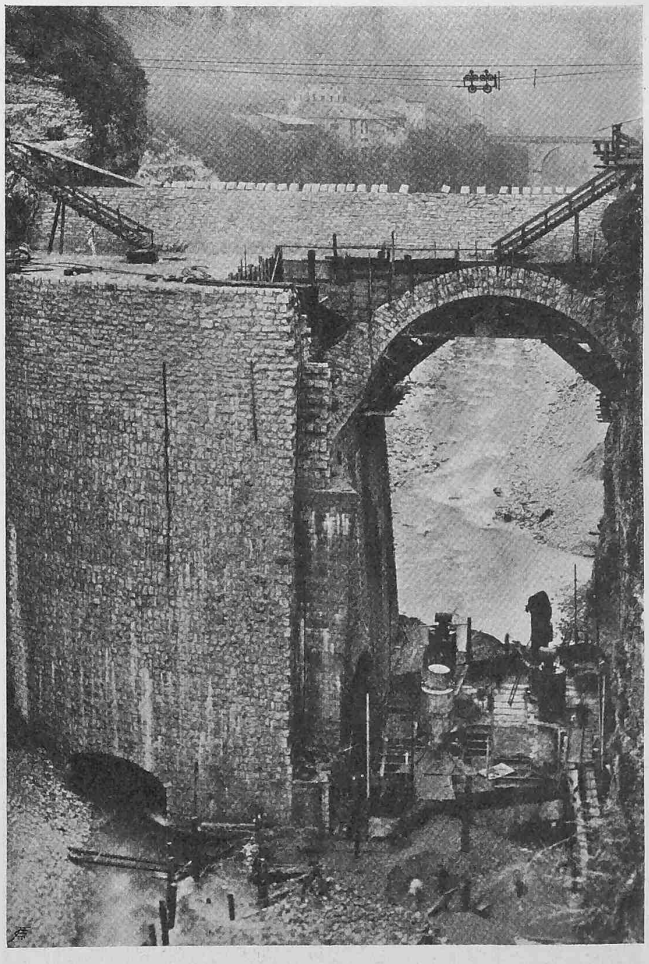


Abb. 12. Fundierung der rechten Wehrseite.

wenn eine Kondensatorwirkung im Spiele ist oder nicht. Die magnetische Energie, die beim Unterbrechen eines vom Strome I durchflossenen und die Induktivität L (Selbstinduktionskoeffizient L) aufweisenden Stromkreises frei wird, beträgt:

$$\frac{I^2}{2} \cdot L = -\int_I^o L \cdot I \cdot dI$$

Falls nun eine Kapazität (bezw. Kondensatorwirkung) dieses Stromkreises nicht vorhanden ist, so wird die magnetische Energie lediglich in eine Wärmeenergie umgesetzt, die durch einen Ausdruck:

$$\int_o^{Ta} j^2 \cdot R \cdot dt$$

gemessen wird, wo j die veränderliche Stromstärke und R der veränderliche Widerstand während der Ausschaltezeit T_a ist. Die vollständige Auflösung der Energiegleichung:

$$\int_I^o L \cdot I\, dI + \int_o^{Ta} j^2 \cdot R\, dt = o$$

die zur Berechnung der entstehenden Ueberspannungen führt, ist indessen nur auf Grund der Kenntnis des zeitlichen Verlaufs von R oder j bei den verschiedenen in Betracht fallenden Ausschalter-Bauarten möglich, welche Kenntnis auf Grund von bezüglichen Versuchen erlangt werden kann [1]). In der Fachliteratur sind in den letzten Jahren mannigfache, meist durch oszillographische Aufnahmen illustrierte Versuche über verschiedene Schaltvorgänge, insbesondere beim Funktionieren von Sicherungen und automatischen Schaltern, bekannt gegeben worden. Solche Unterlagen sind neuerdings wiederholt für die Auswertung oben genannter Energiegleichung und anschliessender Nachrechnung der entstehenden Ueberspannungen verwendet worden; es möge z. B. auf bezügliche Berechnungen in der neuen Auflage von Band I der „Wechselstromtechnik" von E. Arnold hingewiesen werden [2]).

Die seit langer Zeit bekannte Massnahme zur Verhinderung des Entstehens von Ueberspannungen beim Ausschalten induktiver, aber kapazitätsfreier Widerstände, namentlich Gleichstromwicklungen, beruht in der Regel auf der Zuhilfenahme einer unterbrechungslosen Umschaltung auf einen induktionsfreien Widerstand und nachheriger Abschaltung desselben, die dann überspannungsfrei möglich ist.

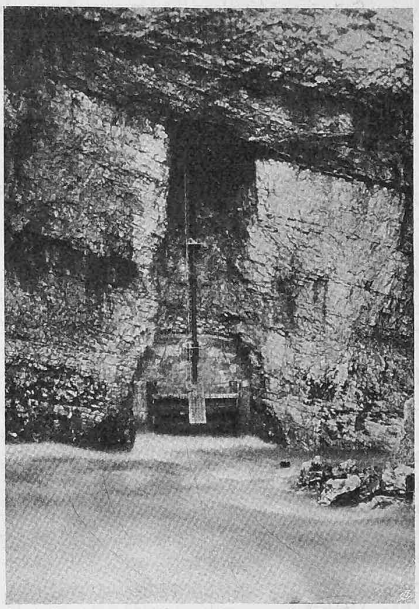


Abb. 8. Abschluss des Umleitungsstollens.

Was nun die Unterbrechung induktiver Stromkreise angeht, die zugleich auch Kapazität enthalten, wie dies für sämtliche Hochspannungs-Stromkreise der Fall ist, so führt diese in der Regel auf sog. freie elektrische Schwingungen. Das ist also seit Fizeau auch der Fall für die Primärstromkreise der Induktionsapparate. Die bezüglichen Schwingungsvorgänge, die von *W. Thomson* bereits im Jahre 1853 rechnerisch behandelt wurden, können unter der Annahme wärmefreier Energieumsetzungen am kürzesten folgendermassen dargelegt werden.

Die bei der Stromöffnung freiwerdende magnetische Energie:

$$\frac{I^2}{2} \cdot L$$

setzt sich um in elektrische Energie, die die mit der Kapazität C behaftete Stromleiter-Anordnung auflädt auf eine Ladespannung e, entsprechend einer Energie:

$$\frac{e^2}{2} \cdot C$$

Aus der Gleichheit der Energien:

$$\frac{I^2}{2} \cdot L = \frac{e^2}{2} \cdot C$$

folgt für die Spannung an der Unterbrechungsstelle:

$$e = I\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Dass damit der korrekte Ausdruck für die Unterbrechungsspannung im Primärkreis von Induktionsapparaten, für die i alsdann den sog. Magnetisierungsstrom bedeutet, gewonnen ist, haben einlässliche Untersuchungen von *Fr. Klingelfuss* dargetan [3]). Diese Gleichung ist aber nicht nur für die Untersuchungen von Induktionsapparaten, sondern auch für die Beurteilung aller Ueberspannungserscheinungen, die

Vom Bau der Staumauer.

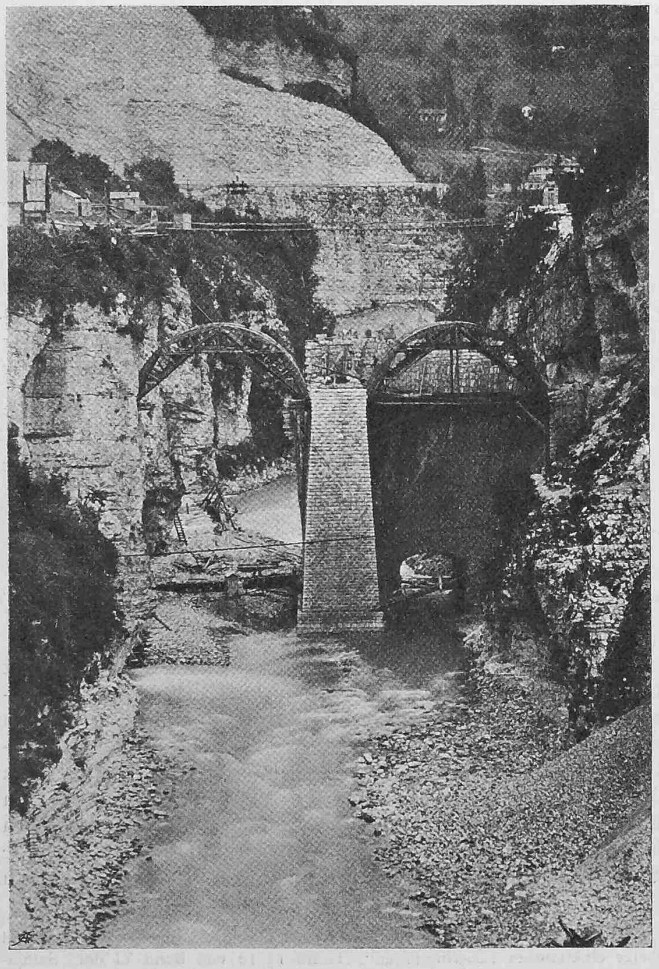


Abb. 11. Blick auf die Baustelle vom Ponte della Serra.

[1]) Zu seiner eigenen Information hat der Verfasser des vorliegenden Aufsatzes schon im Jahre 1899 solche Versuche an gewöhnlichen Hebelschaltern, insbesondere aber an dem damals neu aufgekommenen elektrolytischen Unterbrecher von Wehnelt angestellt und darüber im Juli desselben Jahres vor der physikalischen Gesellschaft Zürich referiert (vergleiche den Hinweis im elften Jahresbericht dieser Gesellschaft). Im Frühjahr 1906 hatte er dann Gelegenheit, auf dem Versuchsstand für Bahnmaterial der Maschinenfabrik Oerlikon ähnliche Versuche für Schalter verschiedener Bauart für Gleichstrom von 800 bis 1500 Volt vorzunehmen und sich über die auftretenden Ueberspannungen neuerdings an Hand von Messungen ein Urteil zu bilden.

[2]) Seite 610 ff.; Besprechung dieses Bandes, siehe Bauzeitung Bd. LVII, Seite 350.

[3]) Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft Basel 1901—1903, Drudes Annalen 1901—1903; Mitteilungen der physikalischen Gesellschaft Zürich, 1903.