

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	33/34 (1899)
Heft:	19
Artikel:	Die elektrische Kraftübertragungs-Anlage Paderno d'Adda-Mailand
Autor:	[s.n.]
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-21336

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: 22.02.2026

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

INHALT: Die elektrische Kraftübertragungs-Anlage Paderno d'Adda-Mailand. I. — Berechnung eines auf exzentrischen Druck beanspruchten Stabes. II. (Schluss.) — Das Grand Hotel Dolder in Zürich. — Miscellanea: Die schweiz. Eisenbahnen i. J. 1898. (Schluss.) Fernsprech-Automaten. Die Kosten für den Ausbau des Kölner Domes. Ueber den Umbau der technischen Hochschule in Wien. Monatsausweis über die Arbeiten am Simplon-Tunnel. Eine internationale Industrie-Ausstellung in

Glasgow. Der Bau einer meteorologischen Station auf der Schneekoppe. — Konkurrenz: Gebäude der Kontrollgesellschaft in Biel. Stadthaus in Baulmes (Waadt). — Nekrologie: † A. von Beckh. † Paul Weider. — Litteratur: Eingegangene litterarische Neugkeiten. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung. XXX. Adressverzeichnis.

Die elektrische Kraftübertragungs-Anlage Paderno d'Adda - Mailand.¹⁾

I. Allgemeines.

Im malerischen Thal der Adda, in der Nähe von Paderno, gerade nachdem man die altberühmten Schiffs-schleusen des Schiffahrtskanals passiert hat, hat die „Società Generale Italiana Edison di Elettricità“ in Mailand ein grosses Elektricitätswerk für Kraftübertragung nach Monza und Mailand (34 km) errichtet, zum Zwecke der Beleuchtung, für Trambahn-betrieb und Kraftab-gabe an die Industrie.

Die Turbinen lieferte die Firma *Riva Monneret & Cie.* in Mailand; da jede derselben 2160 P. *Se* leistet, sind es nächst den Turbinen am Niagara die mächtigsten aller je gebauten Wassermotoren.

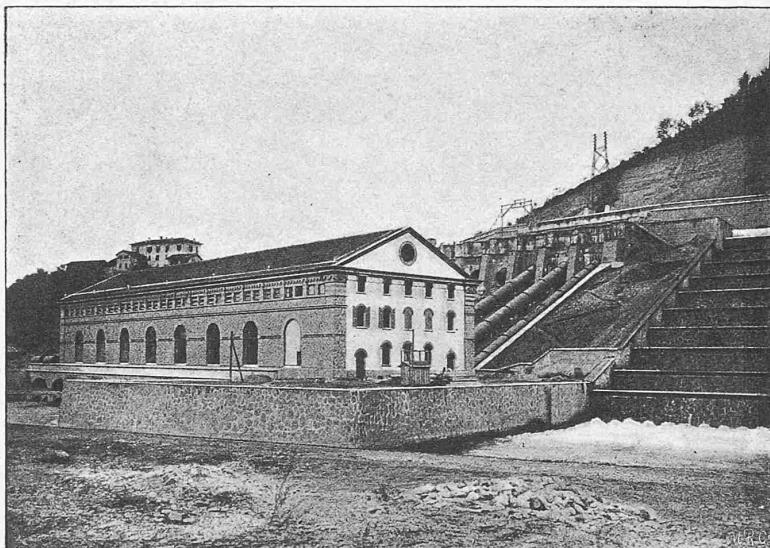


Fig. 6. Ansicht der Centrale in Paderno.

Bei vollständigem Ausbau werden sechs solcher Maschinengruppen gleichzeitig im Betrieb sein, und eine siebente wird als Reserve dienen.

Für die Leitung der 34 km langen Kraftübertragung schlug bei der Ausarbeitung der Projekte 1894 Herr C. E. L. Brown Anwendung von Dreiphasenstrom mit 40 Perioden pro Sekunde und als geeignete Spannung eine solche von 13 600 Volt vor. Dieses Resultat wurde auch durch

die Berechnung des verstorbenen Prof. *Galileo Ferraris* in Turin, welchem die „Società Edison“ die Vorstudien dieser Kraftübertragungsanlage unterbreitete, bestätigt.

Die Luftleitung gelangt in der Nähe des Centralfriedhofes nach Mailand und tritt dort in die Centrale von Porta Volta ein. Hier erfährt der Strom die erste Umformung von 12 000 auf 3600 Volt mittels Dreiphasen - Transformatoren zu 350 kw von der Firma Ganz & Cie. in Budapest. Die Transformatoren-Sammelschienen zu 3600 Volt sind mit denen der anschließenden verbunden.

senden, bestehenden Dampfzentrale verbunden.

Bei vollem Ausbau wird die Dampfzentrale in Mailand 12 000 P.S. erzeugen, soll jedoch später, nach dem vollen Ausbau des Werkes in Paderno, nur als dessen Reserve benutzt werden.

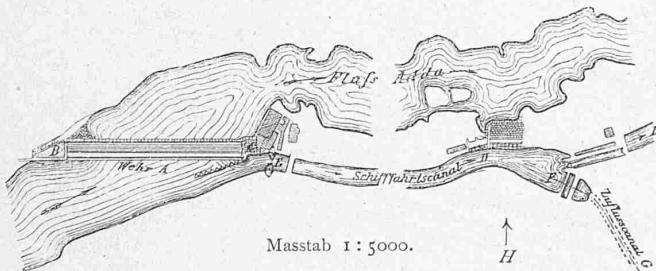


Fig. 1. Situation des Wehrs und Zulaufkanals.

Mit den Turbinen sind die 2160-pferdigen Dynamos auf horizontaler Achse direkt gekuppelt; die Lieferung der letzteren war der Firma *Brown, Boveri & Cie.* in Baden übertragen. Diese Generatoren erzeugen die für die Leitung notwendige bedeutende Spannung von 13500 Volt direkt, und es bleiben so die Transformatoren in der Primärstation erspart.

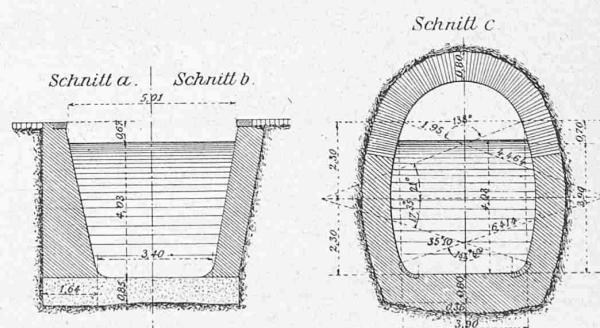


Fig. 2. Profil des Zuflusskanals und Tunnels. 1:200.

Sowohl wegen der Höhe der angenommenen Spannung, als auch bezüglich der verfügbaren Kraft und des Zusammenhangs mit der komplizierten Energieverteilung in der Stadt Mailand, darf diese Kraftübertragungsanlage als eine der grössten und interessantesten Europas bezeichnet werden,

II. Wasserbauten.

Fig. 1 stellt die Disposition des Wehres und des Zulaufkanales mit den verschiedenen Regulierschützen dar.

Wehr A. Dasselbe war teilweise schon vorhanden, musste jedoch von 107 auf 130 m verlängert werden, um einerseits die Fischleiter B, andererseits die Leerschützen C anzubringen. Das Wehr ist ein bewegliches; es besteht aus eisernen, zum Herunterlegen in Scharnieren drehbaren

¹⁾ Als Unterlage für die Beschreibung des hydraulischen Teils dienten Mitteilungen von Ing. G. Semenza in «Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana» Vol. II und solche der Zeitschrift «L'Industria» Vol. XI 1897 und Vol. XII 1898. — Für den Bericht über die elektrische Einrichtung konnte eine Publikation der Firma Brown, Boveri & Cie. (Ing. Vannotti) benutzt werden.

Böcken mit Holzwerk, nach System Poirer. Die Höhe der Wehrkrone über Boden beträgt 2,20 m.

Regulierschützen. Neben dem Wehre befinden sich die drei Leerlaufschützen C von je 2 m Breite, um bei Hochwasser schnell das überschüssige Wasser abzuführen.

Als Zuflusskanal zu den Turbinen wurde auf eine Länge von 690 m der bestehende Schiffahrtskanal B benutzt, indem man ihn auf 13 m verbreiterte. Am Eintritt E dieses

Mengen ist daher auf höchst einfache Weise zu bewerkstelligen.

Kurz vor Einmündung dieses Zuflusskanals bzw. der eben beschriebenen Regulierschützen sind im Schiffahrtskanal sieben Leerlaufschützen H zu je 2 m Breite angeordnet, die in geschlossenem Zustande zugleich den Ueberlauf bilden. Dieselben sind einerseits zum Entleeren des Kanals für Reparaturzwecke, anderseits während des Betriebes für

Die elektrische Kraftübertragungs-Anlage Paderno-Mailand.

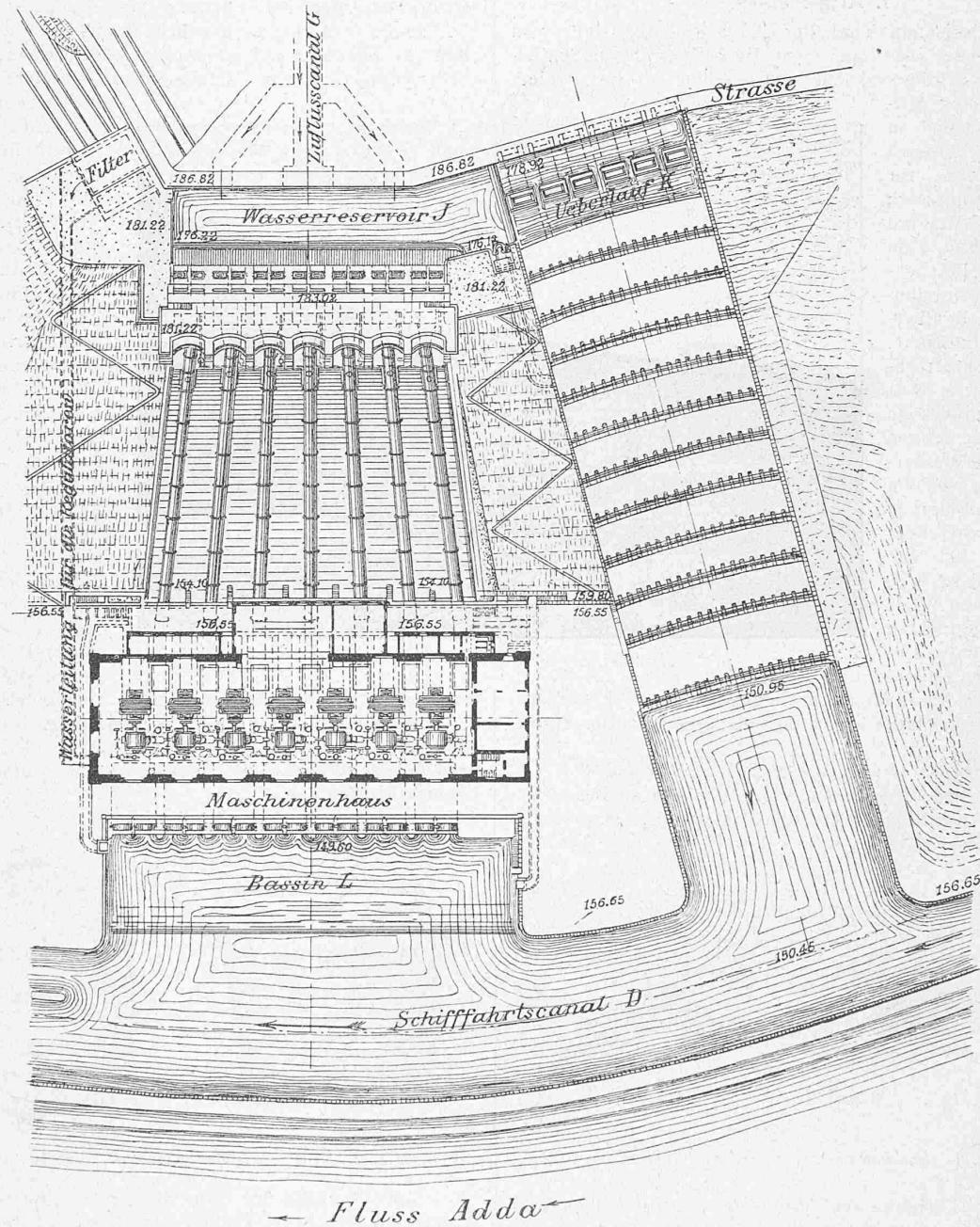


Fig. 3. Grundriss der gesamten Turbinenanlage. 1:1000.

Kanales sind zwei eiserne, um vertikale Achsen drehbare Schützen mit cylindrischem Blechmantel angebracht, zur Regulierung des Wasserquantums, das in den Kanal B eintragen soll.

Im Punkte F, d. i. in 2268 m Entfernung vom Turbinenhaus, zweigt der eigentliche Zuflusskanal G ab. Die Einmündung dieses Kanals enthält sechs Regulierschützen von je 2,30 m Breite, entsprechend den sechs im Maximum im Betriebe befindlichen Turbinen bzw. Maschinengruppen. Die Regulierung der in den Kanal G einzulassenden Wasser-

Abfuhr des Wassers bei teilweisem Schliessen der Regulierschützen in F bestimmt. Jene sieben Leerlaufschützen H haben zusammen mit einem nebenliegenden festen Ueberfall 34 m Länge und können in geschlossenem Zustande 15 m³ Wasser abführen, für den Fall, dass aus irgend einem Grunde die Schützen in F geschlossen würden, ohne gleichzeitig die Schleusen H zu öffnen.

Zuflusskanal. Wie schon bemerkt, dient der obere Teil D des Zuflusskanals der Schiffahrt; er ist in Mauerwerk mit glattem Cementverputz gebaut, hat 0,58% Gefälle im

Die elektrische Kraftübertragungs-Anlage Paderno Mailand.

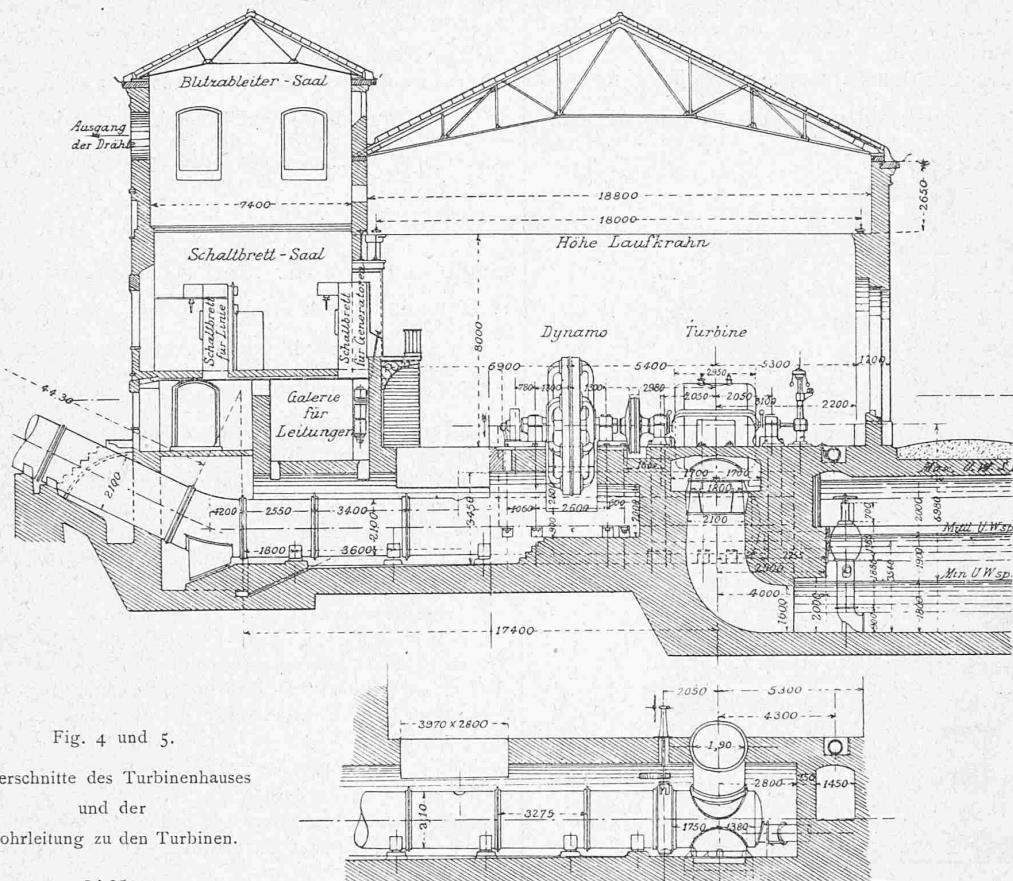


Fig. 4 und 5.

Querschnitte des Turbinenhauses und der Rohrleitung zu den Turbinen.

I : 250.

Grund und $0,2\%$ an der Wasseroberfläche. Querschnitt des Wasserkörpers $34,45 \text{ m}^2$, Wasserquantum $47,2 \text{ m}^3$ pro Sek., Wasserhöhe $1,65 \text{ m}$, daher mittlere Wassergeschwindigkeit im Kanal $v = 1,37 \text{ m}$.

Der untere Teil G des Zuflusskanals hat eine Gesamtlänge von 2268 m; er besteht aus drei Tunnels von $405 + 276 + 1005$ m und zwei offenen Kanalstrecken von $230 + 352$ m Länge. Fig. 2 zeigt die Querprofile dieses Kanals G , und zwar Schnitt a für den offenen Kanal in weichem, Schnitt b in hartem Terrain, Schnitt c für die Tunnels. Auch dieser Kanal ist mit Cement glatt ausgeputzt; bei 0,90 bis 0,98% Gefälle an der Wasseroberfläche beträgt die mittlere Wassergeschwindigkeit 2,15 bis 2,70 m pro Sekunde, und die durchfliessende Wassermenge 30 bis 45 m³. Trotz dieses grossen Unterschiedes schwankte der Wasserspiegel hiebei bloss um 6 cm.

III. Turbinenanlage.

Unterhalb des Dorfes Porto d'Adda erweitert sich das Addatal und wird an dem rechten Ufer durch sanfter abfallende Abhänge begrenzt. Hier auf einer Höhe von ungefähr 30 m über dem Flussbette mündet der Kanal *G* in ein grosses gemauertes Wasserreservoir *J* (siehe Fig. 3), von welchem aus sieben Zuleitungsröhren ausgehen und zu den Turbinen führen.

Das Wasser tritt dann, aus den Turbinen ausfliessend, wiederum in den Schiffahrtskanal ein; letzterer mündet 400 m weiter unten in die Adda. Da der Abflusskanal auch der Schifffahrt dienen muss, ist es notwendig, dass das ausfliessende Wasser vorher zur Ruhe kommt; zu diesem Zwecke ist das grosse Bassin L vor dem Maschinenhaus angelegt.

Fig. 3 zeigt ferner den Grundriss der Centrale, mit dem treppenförmigen Ueberlaufe K. Fig. 4 stellt den Querschnitt des Maschinenhauses dar, Fig. 5 die Rohrleitung zu den Turbinen, Fig. 6 (S. 168) giebt das perspektivische Bild

des oberen Reservoirs, des treppenförmigen Ueberlaufes, der Zuleitungsrohren und eine Aussenansicht der Centrale.

Wasserreservoir. Bei der Ausmündung des Zuflusskanals G in das Wasserreservoir J ist derselbe in drei Teile geteilt worden (siehe Fig. 3), von denen der mittlere wie der übrige Teil des Kanals $4,50\text{ m}$ Breite hat, die beiden seitlichen Abzweigungen dagegen bloss 3 m . Auf diese Weise wird die Wassergeschwindigkeit im Zuflusskanal beim Ausfluss von $2,70\text{ m}$ auf $1,50\text{ m}$ im mittleren Teil, und auf $0,90\text{ m}$ an den seitlichen Abzweigungen reduziert. Die Wasserzuführung zu den sieben Turbinen ist demnach eine ganz symmetrische und giebt keinen Anlass zu unliebsamen Störungen durch Wirbel, Lufteintritt in die Röhren etc.

Fig. 7 und 8 zeigen Querschnitt und Grundriss des Wasserreservoirs J mit Anschluss der Rohrleitung. Entsprechend letzterer ist das Reservoir in sieben Abteilungen eingeteilt, deren jede durch doppelte Schützen abgesperrt werden kann. Die eine derselben dient für allfällige Reparaturen, die andere zum Abstellen der einzelnen Turbinen; die Bewegung der zweiten Schütze geschieht entweder von Hand oder durch elektrische Motoren. Die einzelnen Wasserkammern wurden derart bemessen, dass das Wasser vor dem Eintritt in die Rohrleitung blos $0,38\text{ m}$ Geschwindigkeit hat.

Auch auf das Mauerwerk dieses Wasserreservoirs wurde in Anbetracht der beträchtlichen Länge von 55,40 m mit dem bedeutenden Wasserdruk von 4,10 m Höhe und 3000 m³ Wasservolumen bei dem gefährlichen Bergabhange besondere Sorgfalt verwendet. Die gesamte Oberfläche des Reservoirs umfasst 1948 m².

Rohrleitung. Jede Turbine hat ihre eigene Rohrleitung von etwa 62 m Länge und 2,100 m Durchmesser aus Stahlblech von 8—12 mm Wandstärke. Wie aus Fig. 5 ersichtlich ist, kann jede dieser Röhren mittels Drosselklappen kurz vor dem Eintritt zur Turbine abgeschlossen werden. Fig. 4 und 5 zeigen ferner am Ende jeder Rohrleitung ein

Anschlussrohr in Verbindung mit Ventil zum Entleeren der Rohre bei Stillstand der einzelnen Turbinen. Dasselbe Ventil dient auch als Sicherheitsventil für allfällige Wasserschüsse in der Rohrleitung.

Ausser den sieben Rohrleitungen zu den Turbinen sind

Die elektrische Kraftübertragungs-Anlage Paderno-Mailand.

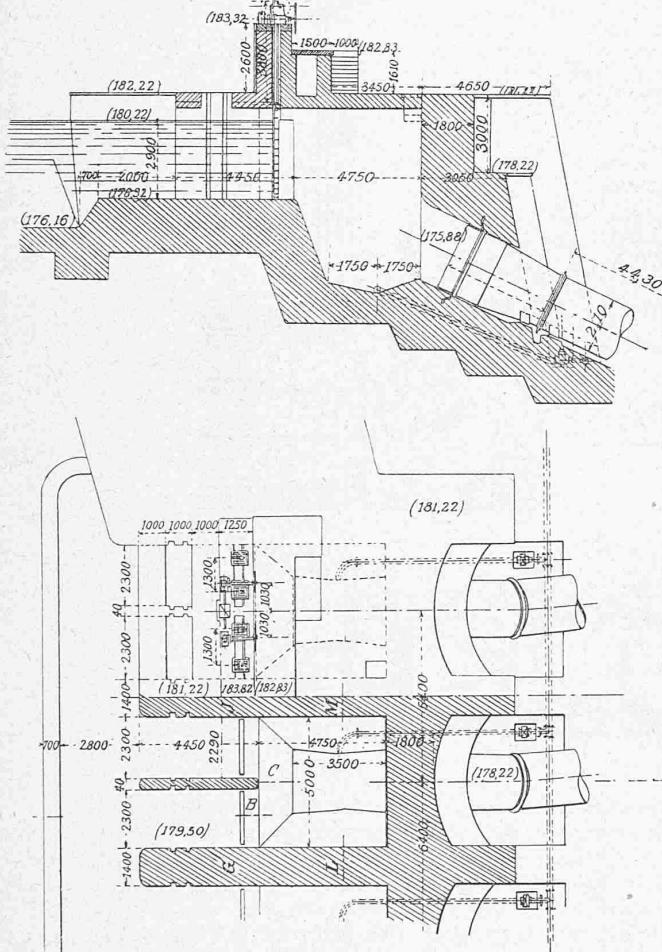


Fig. 7 u. 8. Querschnitt und Grundriss des Wasserreservoirs J mit Rohrleitung. 1:250.

noch zwei weitere von $0,60\text{ m}$ Durchmesser in Gusseisen vorhanden (im Grundriss nicht sichtbar), mit Ventilen zum allfälligen schnellen Entleeren des grossen Wasserreservoirs. Mittelst derselben kann man $5,65\text{ m}^3$ Wasser pro Sekunde ableiten und somit im Notfalle in weniger als zwei Stunden das ganze Wasserreservoir samt dem Zulaufkanal entleeren. (Forts. folgt.)

Berechnung eines auf exzentrischen Druck beanspruchten Stabes.

Von René Koechlin in Paris.

II. (Schluss.)

Aus den obigen Erörterungen ist ersichtlich, dass es noch viel schwieriger ist, die Variation des Elastizitätskoeffizienten für Knickung als für Biegung in der Rechnung zu berücksichtigen.

Wir haben daher, an Hand der leider noch spärlichen Versuche und mit Hülfe obiger Betrachtungen auf empirischem Wege die aus den Formeln gefundenen Werte zum praktischen Gebrauche wie folgt modifiziert, und hier nach in graphischer Form $\sigma = \frac{P}{F}$ (mittlere Spannung, bei welcher der Stab bricht) als Funktion von $\frac{l}{i}$ und $m = \frac{\rho}{k}$ aufgetragen.

a) Schmied- und Flusseisen. (Fig. 7 u. 8.)

Es ist angenommen worden

Für Schmiedeisen Für Flusseisen
Der Elastizitätskoeffizient $E = 2000\text{ t per cm}^2$ 2250 t per cm^2
Die Bruchspannung (Festigkeit) $\beta = 3,3\text{ t per cm}^2$ $3,7\text{ t per cm}^2$

Die aus den Formeln (1_b), (2_b) und (3_b) für $\sigma_1 = \frac{P}{F}$ gefundenen Werte sind zum praktischen Gebrauch für $m \geq 0,5$ mit

$$(0,95 - 0,0009 \frac{l}{i})$$

multipliciert worden. Die so erhaltenen Kurven, welche m in Funktion von $l:i$ und von $\sigma_1 = \frac{P}{F}$ darstellen (Figur 7 und 8), zeigen, wie für kleine Exzentrizitäten das Tragvermögen $\sigma_1 = \frac{P}{F}$ mit Steigen der Exzentrizität rasch fällt.

Da praktisch nie eine Kraft mathematisch zentrisch wirkt, schlagen wir vor, nie die Kurve $m=0$ zu benutzen, sondern selbst für zentrischen Druck die Kurve $m=0,1$ anzunehmen. Diese Kurve gibt auch gegenüber der von Tetmajer & Jasinsky angenommenen praktisch unbedeutende Abweichungen und hat dieselbe Gestalt wie die Schwarzenbach-Rankin'sche Formel.

b) Gusseisen. (Fig. 9.)

Wie schon gesagt, kann Bruch entweder durch Erreichung der Druckfestigkeit in der gepressten Faser, oder der Zugfestigkeit in der gezogenen Faser eintreten. In letzterem Falle muss statt der Formel (3_b) die Formel $\sigma_z = \sigma_1 [m(1+f_p) - 1]$ angewandt werden, wobei, wie erwähnt, $\sigma_z = 2\text{ t pro cm}^2$ einzusetzen ist.

Für Druckfestigkeit ist der Wert $\beta_d = 7\text{ t per cm}^2$ eingesetzt worden, für den Elastizitätskoeffizienten E der Wert $= 1100\text{ t/cm}^2$. Es ergibt sich aus Formel (3_b), dass, so lange $\frac{P}{F} = \sigma_1 > 2500\text{ kg per cm}^2$ ist, der Stab in der gepressten Faser bricht, wenn aber $\sigma_1 < 2500\text{ kg/cm}^2$ ist, der Bruch in der gezogenen Faser eintritt.

Da bei Gusseisen immer infolge Materialungleichheiten in der Exzentrizität eine gewisse Unsicherheit besteht, ist bei der Berechnung der Tabelle (Figur 9) der Wert von $m = \frac{\rho}{k}$ immer um 0,5 erhöht worden, d. h. statt m , $m + 0,5$ in den Formeln eingesetzt worden. Somit wird für zentrischen Druck $m=0$ die theoretische mit $m=0,5$ abgeleitete Kurve benutzt.

c) Holz. (Fig. 10.)

Für Holz wurde angenommen

die Bruchspannung $\beta_d = 0,4\text{ t per cm}^2$.
der Elastizitätskoeffizient $E = 100\text{ t per cm}^2$.

Vergleich mit den Formeln von Herrn Professor Tetmajer.

Die von Professor Tetmajer angegebenen empirischen Formeln lassen sich auf dieselbe graphische Form zurückführen, nämlich als Kurven von gleichem $m = \frac{\rho}{k}$ in Funktion von $\frac{P}{F} = \sigma_1$ und von $\frac{l}{i}$.

Herr Professor Tetmajer berechnet (Schweiz. Bauzeitg. 1890, Bd. XVI Nr. 18 und 19.)

$$\sigma_1 = \frac{P}{F} = \frac{\sigma_k}{1 + \zeta(\phi + f)}$$

σ_k (Knickspannung für zentrische Last) wird je nach dem Material verschieden, aber immer als Funktion von $\frac{l}{i}$ berechnet, z. B. für Schmiedeisen

$$\sigma_k = \frac{19,740}{\left(\frac{l}{i}\right)^2} \text{ t per cm}^2 \text{ für } \frac{l}{i} > 112,5$$

$$\sigma_k = \left(3,030 - 0,013 \frac{l}{i}\right) \text{ t per cm}^2 \text{ für } \frac{l}{i} < 112,5$$