

V. INTERNATIONALER BINNENSCHIFFFAHRTS-CONGRESS  
ZU PARIS — 1892

---

IV. FRAGE

---

*10.*

DIE  
**WASSERBEHÄLTER**  
SÜD-FRANKREICHS

---

BERICHTERSTATTER :

**MARIUS BOUVIER**

Inspecteur général des Pônts et Chaussées et de l'Hydraulique agricole  
Délégué de M. le Ministre de l'Agriculture

*F. Nr. 19383*



PARIS

IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE

9, RUE DE FLEURUS, 9

---

1892





II-354155

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316743



# DIE WASSERBEHÄLTER

## SÜD - FRANKREICHS

---

BERICHTERSTATTER :

**MARIUS BOUVIER**

Inspecteur général des Ponts et Chaussées et de l'Hydraulique agricole,  
Délégué de M. le Ministre de l'Agriculture.

### I. — EINLEITUNG

Südfrankreich bietet zahlreiche und interessante Beispiele von Reservoiren, die theils zu Zwecken der Binnenschifffahrt, theils zur Wasserversorgung von Städten, zur Befriedigung landwirthschaftlicher und industrieller Bedürfnisse und zur Verminderung der Hochwässer angelegt wurden. Die Bauart ihrer Stauwerke ist sehr mannigfaltig. Sind sie in gebirgigen und bewaldeten Gegenden gelegen, inmitten der ältesten Bodenschichten, wo reichlicher Regen fällt, der Wasserverlust sehr gering ist und die Anschwemmungen der Bäche von sandiger Beschaffenheit und unbedeutend sind, so haben sie den Vortheil, jährlich eine leichte Speisung zu finden und wenig der Verschlammung ausgesetzt zu sein; meist sind sie jedoch in steil abfallenden Thälern angelegt, wo die Bodenerweiterungen selten und von geringer Ausdehnung sind, und wo daher ihr Rauminhalt, wiewohl derselbe verhältnismässig gering ist, nur mittelst hoher Abdämmungen hergestellt werden kann. Man hat daher bei den letzteren von der Herstellung aus Erde, welche keine genügende Sicherheit bietet, wenn das Bauwerk eine bedeutende Höhe besitzen soll, Umgang genommen, und indem man die Vortheile benützte, welche ein nicht zusammendrückbarer Felsen für die Grundlage guter Fundamente bietet, nur entweder das aus Erdreich und Mauerwerk bestehende gemischte System oder meistens das nur aus Mauerwerk bestehende System angenommen.

Das Pilat-Gebirge, welches einen von Westen nach Osten gerichteten Quersporn in der Nordkette der Cevennen, der Wasserscheide zwischen dem Rhone- und Loire-Gebiet, bildet, bot besonders günstige Bedingungen für die Anlage solcher Reservoirs. Sein Kamm steigt bei der Annäherung an die Rhone an und erreicht die Höhe von 1400 Meter; sein Nordabhang ist



häufigen Nordwest- und Westwinden ausgesetzt, welche demselben die auf dem Wege über den Ocean gesammelten Dünste zuführen und als Regen niederschlagen; sein Südabhang empfängt die Süd- und Südostwinde, welche die Dünste, mit denen sie sich auf dem Wege über das Mittelmeer beladen haben, dasselbst in Form von häufig giessbachartigen Gewitterregen ablagerern. Die Wasserläufe, welche von da herabkommen, sind daher zu gewissen Zeiten im Jahre bedeutenden Anschwellungen ausgesetzt. Ausserdem breitet sich auf seinem Scheitel eine sehr weite, mit Tannenwäldungen und Weideplätzen bedeckte Hochebene aus, welche (ein höchst seltener Fall bei Granitboden, wo man im Allgemeinen bereits in geringer Tiefe unterhalb des Erdbodens auf den undurchdringlichen Felsen stösst) mit einer durchdringlichen Schichte von gewisser Dicke versehen ist. Sie dient als Sammelbecken für das Sickerwasser, des Regens oder Schnees, welches sie an den abschüssigen Theilen der Abhänge, in Form von Quellen wieder von sich gibt, welche klares, reines, kühles Wasser besitzen und im Sommer nicht versiegen. Dieser Umstand war den Römern, die solches Wasser gar wohl zu schätzen wussten, nicht unbekannt, und sie nahmen trotz der weiten Entfernung und der bedeutenden Schwierigkeiten der Leitung zu diesen Quellen ihre Zuflucht, um die Stadt Lyon (Lugdunum) mit Wasser zu versorgen; an vielen Stellen trifft man noch auf Spuren des von ihnen zu diesem Zwecke erbauten Aquäduktes, dessen Bogensystem in so vielen von ihnen errichteten ähnlichen Bauten wiederholt ist, insb. in den heute noch theilweise benützten, welche ihnen dazu dienten, das Quellwasser des Berges Zaghouan in Tunis über eine Strecke von 100 Kilometern nach Carthago zu leiten; eben diese, auf einer ziemlich langen Strecke sorgfältig gefassten Quellen des Pilatgebirges dienen heute zur Wasserversorgung der Stadt St. Etienne.

So machen die vom Pilat-Gebirge herabkommenden Quellen während der Zeit der Gewitterregen bedeutende Wassermengen verfügbar; Dank den Abflüssen der Quellen der oberen Hochebene versiegen sie im Sommer nicht; in Bezug auf Anschwemmungen theilen sie die, in bewaldeten Granit-gegenden fliessenden Wasserläufen zukommenden Vortheile. Andererseits herrscht am Fuss des Berges eine lebhafte Industrie, theils behufs Ausnützung der Wasserkraft jener Bäche, theils infolge der Ausbeutung eines der wichtigsten Kohlenbecken Frankreichs; bedeutende Centren, in denen sich die Industrie grossartig entwickelt hat, liegen hier dicht beisammen: am Fuss des Nordabhangs Givors, Rive-de Gier; St. Chamond, St. Etienne; am Fuss des Südabhangs Annonay, Bourg-Argental, St. Julien-Molin-Molette. Es ist daher nicht zu wundern, dass eine solche Sachlage die Anlage einer bemerkenswerthen Gruppe von Reservoirs veranlasst hat, welche theils zur Sicherung der Speisung eines Schiffartscanals (des von Givors) dienen, theils als Grundlage der Wasserversorgung mehrerer von jenen Städten, oder zur Unterstützung ihrer Industrien, oder endlich zur Verminderung der Hochwässer jener Wasserläufe, an deren Ufern sie angelegt sind. Abgesehen



von jenen, deren Anlage erst projektirt ist und in kürzerer oder längerer Frist verwirklicht werden soll, gibt es ihrer bereits fünf, u. zw. : das am Couzon, für den Canal von Givors und die Stadt Rive-de-Gier; das an der Rive, für die Stadt St. Chamond; das von Gouffre-d'Enfer und das von Pas-du-Riot, beide für die Stadt St. Etienne; endlich jenes von Ternay (das einzige, das am Südabhange liegt), für die Stadt Annonay. Mit Ausnahme des Abschlusswerkes am Couzon, das älteren Ursprunges und nach dem gemischten System aus Erdreich und Mauerwerk hergestellt ist, sind sie sämmtlich neu und aus Mauerwerk erbaut; die letzteren sind in nachstehender Reihenfolge angelegt worden : Gouffre-d'Enfer 1860-1866; Ternay 1861-1867; Rive (Ban) 1866-1870; Pas-du-Riot 1875-1878. Das Abschlusswerk von Gouffre-d'Enfer ist mithin das zuerst erbaute; es bedeutet einen erheblichen Fortschritt in der Herstellung derartiger Bauwerke. Hier wurde zum ersten Male ein auf die Grundsätze der Widerstandsfähigkeit der Stoffe gegründetes rationelles Profil angewendet, in Verbindung einerseits mit der Verwendung ausgewählter granitener Bruchsteine, gleichfalls granitenen Sandes von sehr guter Qualität und ausserordentlich hydraulischen Kalkes; andererseits mit fest auf einen umzusammendrückbaren Felsen gegründeten Fundamenten; hiedurch wurde es möglich, auf dem « Furan » oberhalb von St. Etienne, eine Stauhöhe von mehr als 50 Meter zu erzielen, mittelst eines Abschlusswerkes, dass allen Anforderungen der Sicherheit entspricht und dennoch im Vergleiche zu den früher, besonders in Spanien, ausgeführten ähnlichen Bauten eine bedeutende Verminderung im Rauminhalte des Mauerwerkes, und hiedurch eine bedeutende Ersparnis an den Baukosten zuliess. Dieses System hat somit eine neue Bahn gebrochen, die man sich allseits beeilt hat, gleichfalls zu betreten, indem man höchstens an der Berechnungsmethode, welche jenem System zur Grundlage dient, einige, als richtig anerkannte Verbesserungen anbrachte. So sind insbesondere rasch nacheinander die Reservoirs von Ternay, Rive und Pas-du-Riot entstanden und hat die wichtige Gruppe der Reservoirs des Pilat-Berges eine schnelle Entwicklung genommen.

Obwohl unabhängig vom Pilat und selbst von der Cevennen-Kette, schliesst sich an diese Gruppe das Reservoir von Chartrain an, welches vor Kurzem in geringer Entfernung von derselben an einem linksufrigen Nebenfluss der Loire zur Wasserversorgung der Stadt Roanne erbaut wurde. Sein Becken ist gleichfalls in den ältesten Bodenschichten u. zw. von porphyrischer Beschaffenheit gelegen und bei seinem Stauwerk wurde dieselbe, auf den gleichen Grundsätzen der Widerstandskraft der Stoffe beruhende, gemauerte Bauart angewendet; nur hat man natürlich, da es eines der letzterbauten ist, bei der Bestimmung seines Profils die an der Methode dieser Rechnungen angebrachten Verbesserungen benützt, und bietet es in dieser Beziehung, wie auch infolge seiner grossen Bedeutung, ein besonderes Interesse.

Von dieser Zone ab findet man, wenn man gegen den Süden Frankreichs



hinabsteigt, im Gebiete der Cevennen u. zw. ganz am Ende der Südkette, nur mehr die Reservoirs von St. Ferréol und Lampy, die schon vor sehr langer Zeit behufs Speisung des Südcanals angelegt wurden. Beide liegen an den Abhängen des Noire-Berges, welcher diese Kette abschliesst und in den Pass von Naurouze, die Grenze zwischen den Süd-Cevennen und den Westlichen Corbières, ausläuft, welchen der Südcanal übersetzt und an welchem der Speisungscanal endet, welcher das Wasser dieser Reservoirs aufnimmt. Das Abschlusswerk des erstgenannten ist nach dem gemischten System aus Erdreich und Mauerwerk, das des zweiten nur aus Mauerwerk hergestellt.

Weiter im Süden endlich, im Pyrenäen-Gebiete befindet sich das jüngst erbaute Reservoir des Oredon-Sees, welches im Vereine mit anderen projektirten oder in Ausführung begriffenen Reservoirs zur Verwirklichung eines grossen Projektes der Nutzbarmachung des Wassers der Neste dienen soll; letzteres soll nämlich mittelst eines Canales von 7,5 Meter Wasserführung per Sekunde auf die Hochebene von Lannemezan abgeleitet und unter die einzelnen, auf dieser Hochebene entspringenden Wasserläufe vertheilt werden, um auf dem Gebiete der fünf Departements Haute-Garonne, Tarn-et-Garonne, Lot-et-Garonne, Gers und Hautes-Pyrénées den mannigfachen Interessen der Wasserversorgung der Bevölkerung, der Bewässerung der Ländereien, der Industrie und der Schifffahrt zu dienen. Die hohe Lage dieses Reservoirs, dessen oberer Wasserspiegel sich 1869 Meter über dem Meeresniveau befindet, seine Speisung durch das Schneewasser und die Abflüsse der höher gelegenen Seen, endlich die Bauart seines Stauwerkes mit gleichzeitiger Verwendung einer in der Wasserfluth von den Erdstoffen gereinigten Aufschüttung und von Steindeckwerken: alles dies verleiht diesem Reservoir ein besonderes Interesse.

Dies sind die Reservoirs Südfrankreichs, die der Beschreibung in diesem Berichte würdig zu sein scheinen. Um in den Grenzen des von dem organisirenden Ausschuss des Congresses gesteckten Rahmens zu bleiben, musste diese Beschreibung auf die kurze Skizzirung der allgemeinen Umrisse beschränkt werden, doch wurden Mittheilungen beigefügt, welche geeignet sein dürften, die erzielten Ergebnisse und die durch die Erfahrung enthüllten Thatsachen in ihren wesentlichen Zügen hervortreten zu lassen. So wird sie gewiss gestatten, die wesentlichen Bedingungen der Anlage und der Thätigkeit dieser Bauwerke zu würdigen, und einige nützliche Lehren daraus zu ziehen.

## II. — BESCHREIBUNGEN UND DATEN

### Réservoir des Couzon

*Zweck und Zeitpunkt der Errichtung.* — [Dieses, am Couzon-Bach angelegte Reservoir wurde von der Gesellschaft des Canals von Givors kraft



einer Verordnung aus dem December 1788 unternommen und hatte zum Zwecke, der Unzulänglichkeit des Gier-Flusses zur Speisung dieses Canals abzuhefen. Die Arbeiten wurden 1789 begonnen und erst 1812 beendet; es wurde 1811 unter Wasser gesetzt. Da der Canal von Givors sammt Zubehör infolge des Gesetzes vom 16 August 1886 verstaatlicht worden ist, so gehört das Reservoir gegenwärtig zum Staatsgute. Durch dasselbe Gesetz wurde der Stadt Rive-de-Gier die Ermächtigung ertheilt, ihm provisorisch eine Wassermenge von 5 000 Cubikmeter per Tag zu entnehmen, und wurde zu diesem Behufe an dem Abflusscanal unterhalb des Abschlusswerkes ein dünnwandiger Ueberfall angelegt, der eine normale Wasserführung von 54,72 Liter per Sekunde besitzt.

*Allgemeine Anlage-Verhältnisse.* — Das Abschlusswerk schliesst das Thal auf einer Breite von 220 Meter an der Kappe und bewirkt eine Stauung in der Höhe von 51 Meter. Es besteht aus einer, an der Basis 6,82 Meter und am Scheitel 3,20 Meter dicken Quermauer, die an der Berg- und Thal-seite durch Aufschüttungen befestigt ist. Die oberen Aufschüttungen erheben sich 21 Meter hoch gegen die Böschungfläche der Mauer und besitzen eine Dicke von 47 Meter; sie werden auf der anderen Seite durch eine Mauer von 10 Meter Maximalhöhe und 4 Meter mittlerer Dicke gestützt. Die unteren Aufschüttungen erheben sich gegen die Böschungfläche der Mauer bis zum Niveau der Kappe der letzteren, besitzen eine Dicke von 53 Meter und werden durch eine Mauer von 18,50 Meter Höhe und 5 Meter mittlerer Dicke gestützt. Das Massiv hat mithin an der Basis eine Gesamtdicke von 117,77 Meter.

Der Ueberfall ist seitlich am linken Ufer angelegt; er ist 15,50 Meter lang und an dem für die Stauung festgesetzten Niveau, d. i. 0,55 Meter unterhalb der Deichkappe abgeglichen; er entleert sein Wasser in einen Abflusscanal, welcher unterhalb des Dammes in das Bett des Couzon mündet. Die Entleerung geschieht mittelst zweier gusseiserner Röhren, welche die Centralmauer an ihrem unteren Theile, 3,25 Meter über dem Thalgrunde durchsetzen. Am Austritt aus der Mauer sind diese Röhren mit Hähnen versehen; der Zugang zu denselben erfolgt durch einen gemauerten Gang, der in der unteren Aufschüttung durchgebrochen ist und 3,20 Meter Höhe auf 3 Meter Breite aufweist. Das aus den Hähnen ausströmende Wasser fällt in einen zweiten unterhalb des ersten angelegten Gang von 3,98 Meter Höhe auf 3 Meter Breite, und fließt durch eine Rinne ab. Stromaufwärts münden die Röhren in einen oberen Gang, welcher gleichfalls einen tiefer gelegenen Gang überhöht; beide besitzen die gleichen Dimensionen wie die vorher erwähnten. Um den Schlamm abzuführen, hat man in der Centralmauer im Niveau des Bodens der tiefer gelegenen Gänge eine durch einen hölzernen Schützen verschliessbare Oeffnung von 2 Meter auf 2 Meter angebracht; hebt man diesen Schützen, so wird der ganze stromaufwärts gelegene untere Gang, wo sich der Schlamm anzuhäufen sucht, rasch gefegt.



*Verschiedene Daten.* — Das Niederschlagsgebiet, welches sich bis zum Gipfel des Pilat erstreckt, umfasst 2500 Hektar. Der Rauminhalt des Reservoirs beträgt 160 000 Cubikmeter, entsprechend einer Wasseroberfläche von mehr als 13 Hektar; die Baukosten betragen 1 258 000 Fr.; der Cubikmeter effectiven Rauminhaltes kommt somit auf 0,77 Fr. zu stehen.

Das bei der Erbauung dieses Reservoirs angewendete, in der gleichzeitigen Verwendung von Erde und Mauerwerk bestehende System hat trotz der anscheinenden Widerstandsfähigkeit des also gebildeten Massivs und trotz der Errichtung der Mauerfundamente auf dem Granitfelsen, keine völlig befriedigenden Ergebnisse geliefert. Die in der Mitte des Massivs angebrachte Mauer hatte zum Zweck, eine Art Schranke zu schaffen, welche das Entstehen von Sickerungen in den unteren Aufschüttungen verhindern sollte; diese Mauer, welche geradlinig angelegt worden war, hat jedoch nachgegeben und besitzt eine sehr merkliche Krümmung; hiedurch sind Risse entstanden, und dieselben lassen eine beträchtliche Wassermenge entweichen, welche nach der im Jahre 1885 ausgeführten Messung bei vollem Reservoir nicht weniger als 63 Liter per Sekunde beträgt.

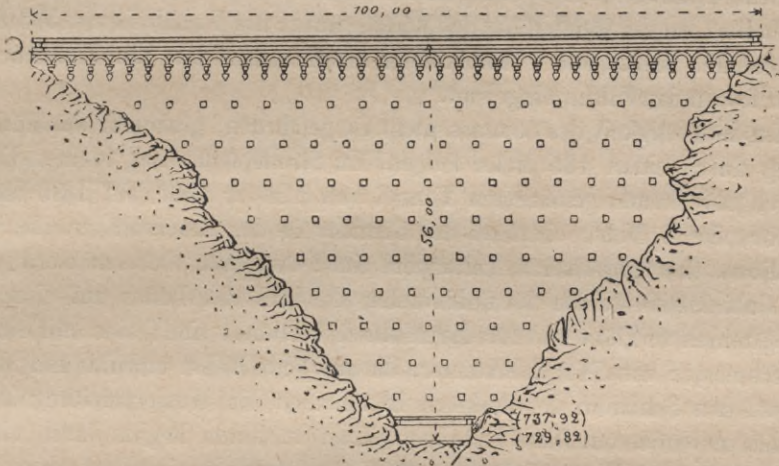
#### Reservoir von « Gouffre d'Enfer »

*Zweck und Zeitpunkt der Anlage.* — Das Reservoir ist auf dem Furan oder Furens angelegt, welcher, vom oberen Plateau des Pilat herabkommend, St. Etienne durchfließt, sowohl inner- als ausserhalb der Stadt zahlreiche Fabriken treibt und gefährlichen Hochwässern unterworfen ist. Diese Anlage hatte den doppelten Zweck, dem Flusse das Wasser zurückzugeben, das ihm während des Sommers durch das Fassen der Plateauquellen für die Wasserversorgung von St. Etienne entzogen wird, und letztere Stadt gegen Ueberschwemmung zu schützen. Die 1861 begonnenen Arbeiten wurden 1866 vollendet.

*Allgemeine Anlage-Verhältnisse.* — Das Reservoir wurde im oberen Theile des Thales an einen Punkte erbaut, wo letzteres durch sehr hohe Granitfelsen eingeengt ist, an der « Höllenrachen » (Gouffre-d'Enfer) genannten Stelle, bei Rochetaillée. Es bewirkt eine Stauung von 50 Meter Höhe; seine Kappe ist in Form eines nach stromaufwärts convexen Kreisbogens angelegt, dessen wagrechter Halbmesser auf der Axe des sie abschliessenden Fahrweges 252,50 Meter beträgt, und besitzt nur eine Länge von 100 Meter zwischen den Endpunkten der Brustwehren. Das Reservoir wird durch eine Schutzmauer gebildet, welche am Scheitel 3,02 Meter dick ist und in einer Seehöhe von 785,82 zwei Meter oberhalb des Stauniveau's abgeglichen ist; diese Mauer endigt stromaufwärts in eine vorspringende Platte und stromabwärts in eine Reihe vorspringender Bogen, welche

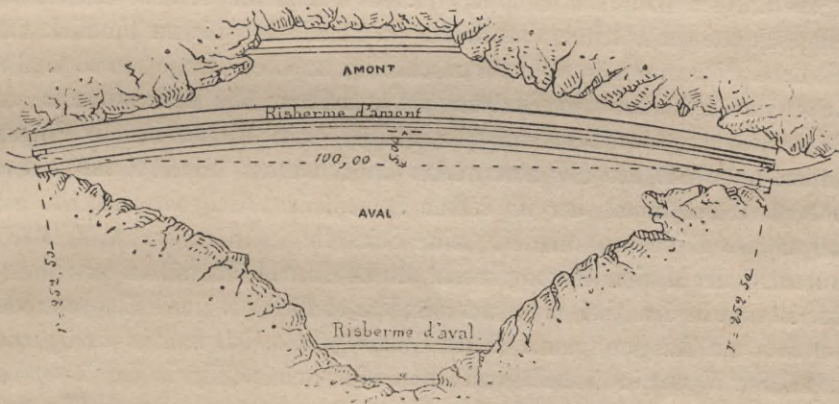


gestatten, der Fahrstrasse zwischen den so gestützten Brustwehren eine Breite von 2,92 Meter zu geben und an der Kappe des Bauwerkes Verzierungen anzubringen. Abgesehen von einer Ausladung stromaufwärts im oberen Theile und den unteren Ausladungen des Grundmassivs, besitzt das



Abschlusswerk des Gouffre d'Enfer (Furan). — Aufriss von unten.

Abschlusswerk im Profil durchwegs gerade Linien oder Tangentencurven, welche seine Dicke stufenweise vermehren, u. zw. an der Bergseite sehr



Abschlusswerk des Gouffre d'Enfer. — Grundriss.

schwach, an der Thalseite sehr rasch, so dass der vom Mauerwerk auszuhaltende Druck in richtigen Grenzen gehalten und dabei dennoch vermieden wird, dem Bau eine massive und kostspielige Form zu geben, welche für die Widerstandskraft eher schädlich als nützlich ist.

So beträgt die Dicke nach einander 3,02 Meter am Scheitel, 6,37 Meter in der Tiefe von 3 Meter unterhalb der Stauung, 42,17 Meter am Fuss des



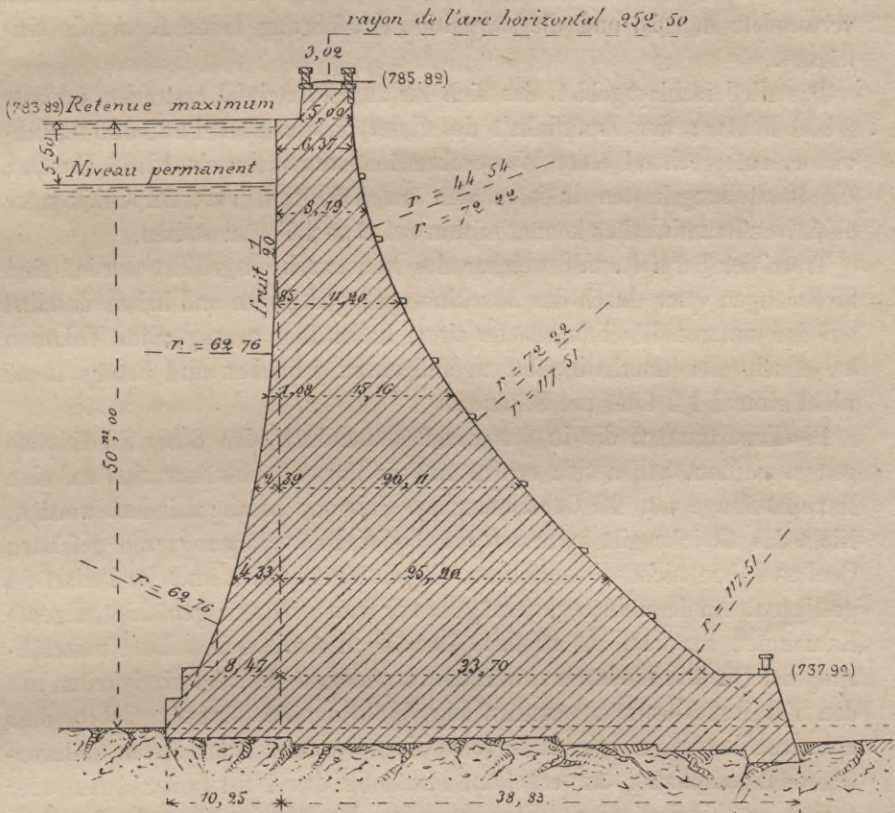
Querschnitt-Theiles und 49,08 Meter im Niveau des Grundmassivs. Ausser den zubereiteten Theilen des Scheitels und den Ausladewinkeln besteht die ganze Masse aus gewöhnlichem Mauerwerk; dasselbe ist höchst sorgfältig ausgeführt mit sehr widerstandsfähigen granitene Bruchsteinen, sehr reinem Granitsand und dem ausserordentlich hydraulischen Kalke des « Theil »; bei der Herstellung des Mörtels wurde das Verhältnis von 375 Kilo gebeutelten Kalks auf 1 Kubikmeter Sand beobachtet; die Fundamente sind fest in den Felsen eingebaut.

Um die Festigkeit des Dammes nicht zu gefährden, geschieht die Entleerung durch einen 185 Meter langen, im Strebepfeiler des rechten Ufers durchgebrochenen gemauerten Tunnel von 2 Meter Höhe auf 1,80 Meter Breite, der 8 Meter oberhalb des Grundes in das Reservoir mündet. Er schliesst drei gusseiserne Leitungen ein: zwei mit Durchmessern von 40 Cubikmeter, welche 95 Cubikmeter oberhalb des Bettes auf eisernen Kragsteinen verkittet und für die Abflüsse bestimmt sind; eine mit einem Durchmesser von 216 Cubikmeter, die auf dem Boden aufrucht und dazu dient, den Schlamm des Beckens, in welchem die Wasserableitung stattfindet, zu entleeren. Diese Leitungen gehen an ihrem Beginn durch einen gemauerten, 11 Meter dicken Zapfen, in welchen sie eingebaut sind; sie sind an der Bergseite mit Klappen versehen, die vom Scheitel aus gehandhabt werden, und an der Thalseite mit einem doppelten System von Hahnschützen, von denen die einen am Ausgang des Zapfens, die anderen am Tunnelende angebracht sind.

Die übrigen Hauptbauten bestehen: aus einem im rechten Thalabhang eingeschnittenen Ableitungscanal, der im Stande ist, die im Hinblick auf die Ueberschwemmungsgefahr für unschädlich erachtete Menge von 90 Cubikmeter zu führen, der seine Speisung auf dem Furan 550 Meter oberhalb der Gegenströmung des Reservoirs besitzt und sein Wasser in allmählichen Fällen unterhalb des Abschlusswerkes in den Fluss ergiesst; aus einem oberen Abflusstunnel, der im selben Strebepfeiler durchgebrochen ist, wie der untere Entleerungstunnel, seine Schwelle im Reservoir 4,50 Meter unterhalb der Maximalstauung besitzt, durch einen Blechschützen verschliessbar ist und in den Ableitungscanal mündet; endlich aus einem Klappenwerk, welches am Ausgangspunkt dieses Canals gelegen ist, und es ermöglicht, das Furan-Wasser in denselben zu leiten oder unmittelbar in das Reservoir abfliessen zu lassen. Der Ableitungscanal ist an seinem linken Ufer mit einem 20 Meter langen, im Niveau der Maximalstauung abgeglichenen Ueberfall versehen, so dass ersterer den Ueberlauf des Reservoirs aufnehmen und verhindern kann, dass jenes Niveau überstiegen werde. Der Rauminhalt, entsprechend der Wasserfläche 5,50 Meter oberhalb der Schwelle des oberen Abflusscanals beträgt 400 000 Cubikmeter; er bleibt leer und dem Ueberschwemmungsdienste gewidmet, d. h. er muss während der grossen Hochwässer das gesammte Flusswasser aufnehmen, soweit dasselbe die für unschädlich erachtete Menge von 90 Cubikmeter übersteigt. Das obere



Klappensystem dient dazu, die Vertheilung des Hochwasser-Volumens zwischen dem Abflusscanal und dem Reservoir zu bewerkstelligen; nach dem Hochwasser wird der Schütze des oberen Abfluss-Tunnels geöffnet, um das aufgespeicherte Wasser zu entleeren und den leeren Rauminhalt von 400 000 Cubikmeter wiederherzustellen. Hieraus folgt, dass von dem Gesamtvolumen des Reservoirs per 1 600 000 Cubikmeter nur 1 200 000 Cubikmeter den eigentlichen, Vorrath bilden, der zur Rückstellung des für



Abschlusswerk des Gouffre d'Enfer (Furan). — Querschnitt.

die unteren Fabriken nothwendigen Wasserquantums an den Furan bestimmt ist; die diesem Vorrathe entsprechende beständige Stauhöhe beträgt somit 44,50 Meter.

*Verschiedene Daten.* — Diese geschickt entworfene und sehr gut ausgeführte Einrichtung macht trotz seines geringen Rauminhaltes das Reservoir von Gouffre-d'Enfer und die auf dasselbe bezügliche Wasserversorgung zu einem in jeder Hinsicht merkwürdigen Werke. Besonders wird jedoch dieses Reservoir durch die Neuerung gekennzeichnet, welche es in der Bauart und Profilbestimmung der Abschlusswerke eingeführt hat; diese Neuerung ist auf die Bildung so ziemlich homogener Massive aus gewöhn-



lichem einfachem Mauerwerk gegründet, sowie auf die Berechnung des Druckes, den dieses Mauerwerk gemäss der, in einem solchen Fall annehmbaren, unter dem Namen des trapezoidalen Gesetzes bekannten Hypothese seiner Vertheilung auszuhalten hat. Die angewendeten Formeln ergeben einen Maximaldruck von 6,50 Kilo per Quadratcentimeter auf die untere Böschungfläche; unter Berücksichtigung der bei ihrer Anwendung für nothwendig erkannten Verbesserungen muss dieser Druck in Wirklichkeit auf 9,40 Kilo geschätzt werden, doch kann derselbe mit Rücksicht auf das verwendete Material und die sorgfältige Ausführung keine Besorgnis einflössen.

Das Niederschlagsgebiet, das sich bis zum Pilatgipfel erstreckt, umfasst 2 500 Hektar; der Rauminhalt des Reservoirs beträgt 1 600 000 Cubikmeter, entsprechend einer Wasseroberfläche von mehr als 12,68 Hektar; die Herstellungskosten beliefen sich auf 1 590 000 Fr.; der Cubikmeter effektiven Rauminhaltes kommt mithin auf etwa 1 Fr. zu stehen.

Trotz der Sorgfalt, mit welcher das Mauerwerk ausgeführt wurde, sind Sickerungen quer durch das Abschlusswerk gedungen und haben daselbst auf der unteren Böschungfläche einen Kalkanflug erzeugt; ihr Volumen ist jedoch stets innerhalb sehr enger Grenzen geblieben und beträgt heute nicht einmal  $1/2$  Liter per Sekunde.

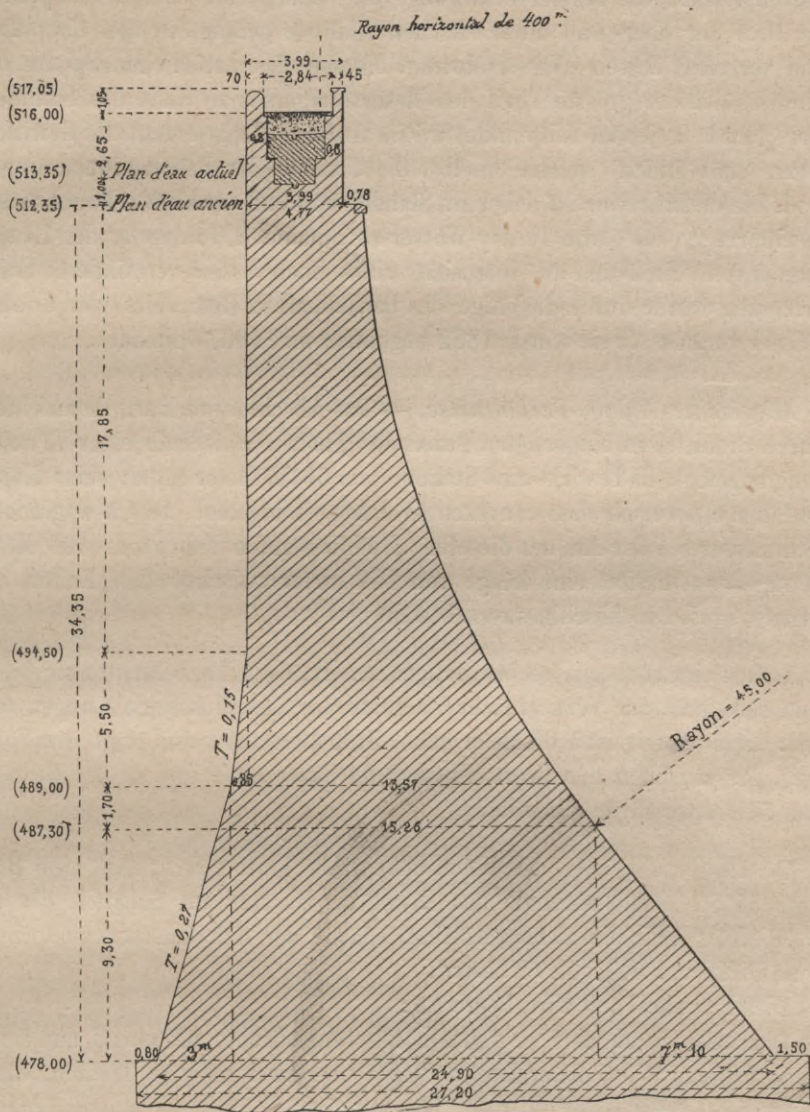
Die Erwartungen, die in Bezug auf den Schutz der Stadt St. Etienne gehegt wurden, haben sich erfüllt und die Furan-Hochwässer sind auf eine Maximal-Menge von 90 Cubikmeter per Sekunde herabgemindert worden. Nicht das Gleiche gilt in Bezug auf die Wasserversorgung; die gefassten Quellen haben nicht die erhofften, Ergebnisse geliefert und der Bedarf ist gestiegen. Um demselben zu genügen, war man mitunter genöthigt, direkte Entnahmen aus dem eigentlichen Vorrath zu machen und die Wasserführung der Quellen hiedurch zu vermehren; hieraus sind Schwierigkeiten mit den Fabriksbesitzern entstanden. Die Erfahrung hat ferner gelehrt, dass man, um dem Wasser des Reservoirs die bei einem Trinkwasser nothwendigen Eigenschaften zu erhalten, beständig das Flusswasser ganz oder theilweise hineinfließen lassen musste; der Ableitungscanal, der dazu bestimmt war, durch directen Abfluss des trüben Wassers in den Fluss die Verschlammung des Reservoirs zu verhindern, hat hiedurch viel an Nutzen verloren; übrigens hat die Erfahrung gezeigt, dass die von diesem Wasser zurückgelassenen Ablagerungen infolge der Beschaffenheit des Beckens unbedeutend waren.

#### Reservoir des Ternay.

*Zweck und Zeitpunkt der Anlage.* — Dieses Reservoir wurde auf dem Ternay-Bache angelegt, einem Hauptzufluss des Deûme-Flusses, der die Stadt Annonay durchfließt und zahlreiche Fabriken, insbesondere bedeutende Papierfabriken, treibt. Es hat den Zweck, die Wasserführung des



Flusses im Sommer zu Gunsten jener Papierfabriken zu erhöhen, der Stadt Annonay das für den Bedarf ihrer Bewohner und den Betrieb ihrer zahlreichen Weissgerbereien nothwendige Wasser zu liefern, endlich die



Abschlusswerk du Ternay. — Querschnitt.

Wirkung der Ueberschwemmungen für jene Stadt zu vermindern. Das ihm entlehnte Wasser ergießt sich unmittelbar in den Bach und wird sofort zur Bewässerung der Uferwiesen verwendet; zwei Kilometer weiter unten befindet sich ein quer durch das Thal gehender, auf dem Felsen ruhender Filtrirgang, welcher mit einer durchschnittlich 4 Meter dicken Schichte durch-



dringlichen Granitsandes bedeckt ist; derselbe hält die von diesen Bewässerungen herrührenden Sickerungen auf und erzeugt eine Art künstlicher, Quelle, deren Wasserführung per Sekunde 100 Liter beträgt; 60 Liter hievon nimmt die Wasserversorgung von Annonay für sich in Anspruch; der Rest der ober- und unterirdischen Abflüsse gelangt in den Hauptfluss und vermehrt dessen Wasserführung. Infolge des natürlichen Spieles der Abflüsse ist der grösste Theil des Reservoirraumes zu Ende des Sommers leer, gerade in jenem Zeitpunkte, wo im Ardèche-Departement die Gewitterregen statt finden, welche daselbst die Ursache der Ueberschwemmungen sind. Dieses Reservoir ist daher im Stande, während der kurzen Dauer dieser Gewitterregen das ganze Ternay-Wasser aufzunehmen, so dass er den Hauptfluss davon befreit und die Intensität seines Hochwassers vermindert. Seine Erbauung wurde durch diejenige des benachbarten Reservoirs von Gouffre d'Enfer veranlasst; sie wurde 1862 begonnen und 1867 vollendet.

*Allgemeine Anlage-Verhältnisse.* — Das Abschlusswerk wurde an einem durch Granitfelsen eingegengten Punkt des Thales, unterhalb einer Erweiterung angelegt. Es bewirkt eine Stauung von 35,35 Meter Höhe; seine Kappe ist längs eines nach oben convexen Kreisbogens angelegt, dessen wagrechter Halbmesser auf der Axe des dieselbe abschliessenden Fahrweges 400 Meter beträgt, und besitzt eine Länge von 161 Meter zwischen den Enden des Brustwehres. Das Abschlusswerk besteht :

1. Aus einem oberen rechtwinkligen Massiv, das eine Schutzmauer bildet und senkrecht zur Verticalfläche oberhalb des Abschlusswerkes angebracht ist : dieses Massiv ist 3,65 Meter hoch, 3,99 Meter dick und trägt den Fahrweg, der zwischen den Brustwehren 2,84 Meter breit und in der Seehöhe von 516 Meter abgeglichen ist.

2. Aus dem Körper des eigentlichen Abschlusswerkes, dass eine Höhe von 34,35 Meter oberhalb des Grundmassivs und am Scheitel, der um 0,78 Meter über die untere Böschungfläche der Schutzmauer vorspringt, eine Dicke von 4,77 Meter besitzt.

Dieser zweite Theil wird begrenzt :

Oberhalb durch eine polygonale Böschungfläche, bestehend aus einem senkrechten, 17,85 Meter hohen Theile und zwei schiefen Theilen, deren einer 5,80 Meter Höhe mit einer Böschung von 0,85 Meter und der andere 11 Meter Höhe mit einer Böschung von 3 Meter besitzt;

Unterhalb durch eine mit einem Halbmesser von 45 Meter beschriebene Kreiscurve, welche von der Höhe von 9,50 Meter oberhalb der Basis angefangen durch eine Tangente fortgesetzt wird, deren wagrechte Projektion 7,10 Meter beträgt.

3. Endlich aus einem in die Granitfelsen eingebauten, dem Bauwerke als Grundlage dienenden Massiv, welches über die tiefere Kante der oberen



Böschung um 0,80 Meter und über jene der oberen Böschung um 1,50 Meter vorspringt.

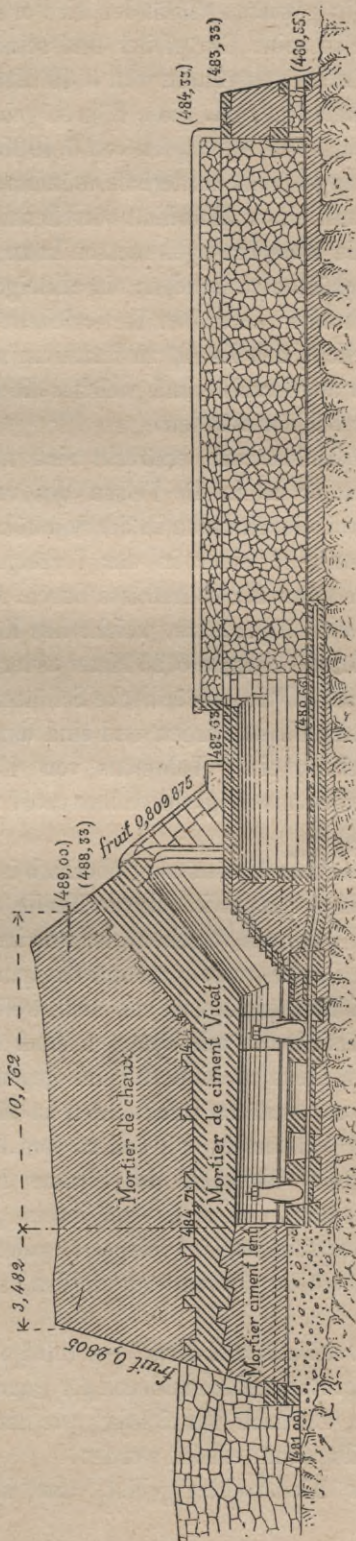
Die Dicke beträgt am Fusse des Körpers des eigentlichen Abschlusswerkes 24,90 Meter und für das Massiv der Basis 27,20 Meter.

Die ursprünglich im Niveau des oberen Vorsprunges in der Seehöhe von 512,50 Meter festgesetzte obere Wasserfläche ist in den letzten Jahren um 1 Meter auf die Seehöhe von 513,55 Meter erhöht worden; da sich die Grundnotirung oberhalb in einer Seehöhe von 478 Meter befindet, so beträgt die endgiltige Stauhöhe demnach 55,55 Meter.

Abgesehen von dem Entleerungsgange und den Mulden und Bändern der Kappe ist der ganze Bau aus granitnen Bruchsteinen, eben solchem Sande, und gebeuteltem, äusserst hydraulischem Kalke aus den Oefen des « Theil » oder denen von Cruas aufgeführt worden, wobei zu jedem Kubikmeter Sand 400 Kilogramm Kalk genommen wurden.

Die übrigen Hauptbauten sind : ein unterer Entleerungsgang, ein Abflusscanal mit Ueberfall und oberen Entleerungsschützen, eine kleine, in einer Verengung des oberen Reservoirtheiles ausgeführte Abdämmung, und eine Gürtelstrasse.

Der Entleerungsgang wurde mitten im Körper des Abschlusswerkes am linken Ufer angelegt und aus behauenen, mit Cementmörtel verbundenen Granitsteinen von grossen Dimensionen ausgeführt. Die Schwierigkeiten der Ausführung wurden durch die schiefe Richtung gesteigert, welche er infolge der örtlichen Verhältnisse erhielt; er ist 2 Meter breit 3,50 Meter



Abschlusswerk des Ternay. — Entleerungsgang.



hoch; in gewissen Abständen wird er durch grosse Quadersteine durchquert, welche in seine Gurt Pfeiler und seinen Boden eingebaut und auf welchen zwei Entleerungsröhren von 0,40 Meter Durchmesser durch eiserne Klammern befestigt sind. Diese Röhren gehen auf der Reservoirseite durch einen gemauerten Cementzapfen von 6,40 Meter Dicke, welcher in successiven Flecken angelegt ist; unterhalb münden sie in ein längliches Becken, das durch einen mit einem Zifferblatt versehenen Schützen abgeschlossen wird, so dass man die Wassermengen messen kann; sie sind durch ein Doppelsystem von Hahnschützen verbunden; ein absteigender Gang, senkrecht zur Böschungsfäche und in derselben Verticalebene angebracht, wie der Entleerungsgang, ermöglicht den Zutritt zu letzterem mittelst Stiegen, die auf einem Mauer-massiv angebracht sind, welches die Röhren durchsetzen, bevor sie in das untere Becken münden.

Der Abflusscanal erstreckt sich nur 60 Meter oberhalb des Abschluss-werkes; er ist in die Felsen des rechten Ufers eingeschnitten und vom Reservoir durch einen in der Stauhöhe abgeglichenen Ueberfall getrennt; er geht mittelst einer in der Verlängerung der Schutzmauer angebrachten Brücke unter der Fahrstrasse durch. Am Ende dieser Brücke münden in den Canal zwei Aquädukte, welche den Körper des Abschlusswerkes durchsetzen und deren Schwelle 6,25 Meter unterhalb des Stauniveau's liegt, sie werden oberhalb durch 2 metallische Schützen verschlossen, die von der Fahrstrasse aus gehandhabt werden und sind dazu bestimmt, im Bedarfsfalle die rasche Entleerung eines Volumens von 1500 000 Cubikmeter zu ermöglichen. Weiter hinaus steigt der Abflusscanal nach Art eines Wasserfalles zum Flusse hinab.

Die kleine Abdämmung oberhalb ist 10,50 Meter hoch und dazu bestimmt, die Ablagerungen im oberen Theile des Reservoirs aufzuhalten; sie ist mit einem Schützen versehen, der nur bei Niederwasser gehandhabt wird.

Die Gürtelstrasse umsäumt das ganze Reservoir auf etwa 5 Kilometer; sie ist mit Steinpackungen versehen, welche die Herstellung einer unmittelbaren Wassertiefe von mindestens 1 Meter ermöglichen, um jede Wasservegetation an den Ufern zu hindern, und gegen welche die Wellen schlagen; gleich-falls aus sanitären Rücksichten ist der Raum zwischen Strasse und Graben an der Wasserseite mit Cedern vom Libanon bepflanzt; am oberen Ende des Reservoirs übersetzt die Strasse den Bach auf einer Holzbrücke. Die Schluchten, denen sie auf ihrem ganzen Umfang begegnet, sind durch Trockensteinmassive versperrt, welche deren Anschwemmungen, die dann zu geigneter Zeit entfernt werden, zurückhalten.

*Verschiedene Daten.* — Infolge der Erhöhung der Wasserfläche um 1 Meter ist der Maximaldruck per Quadratecentimeter auf die untere Böschungsfäche, der nach den richtig gestellten Formeln 9,50 Kilogramm betrug, auf 12 Kilogramm erhöht worden.

Das Niederschlagsgebiet, das bis zum Pilatgipfel reicht, umfasst



2800 Hektar; die Wasseroberfläche beträgt 50 Hektar, der Rauminhalt des Reservoirs 5000000 Cubikmeter; die Gesamtkosten beliefen sich auf 1020000 Francs, so dass der Kubikmeter effektiven Rauminhaltes auf 0,54 Meter zu stehen kommt.

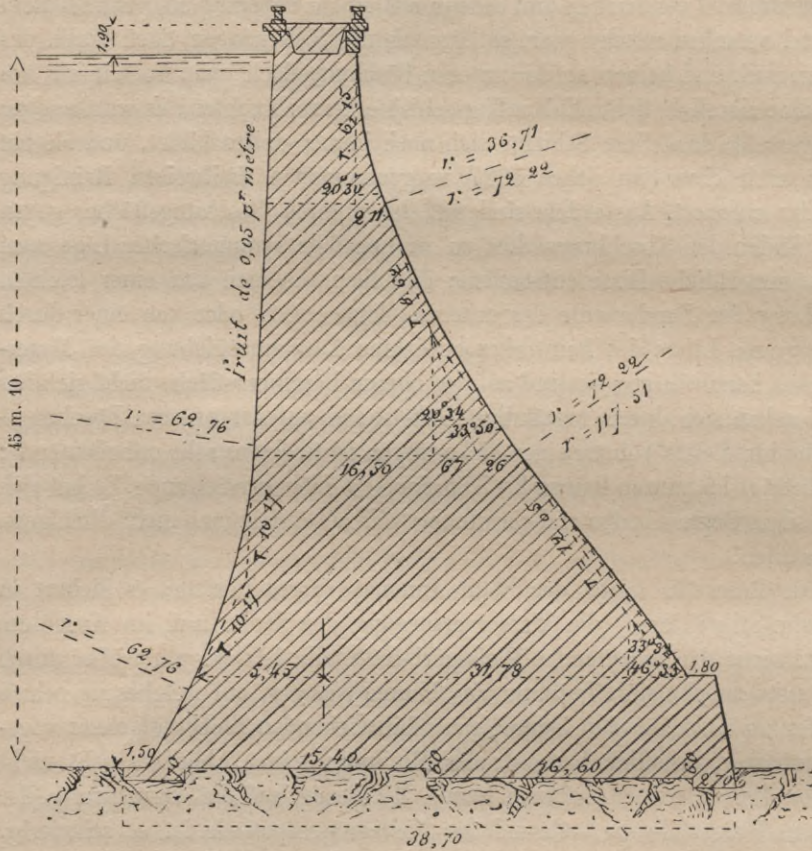
Obwohl die obere Böschungfläche des Abschlusswerkes anfangs mit Cementmörtel verstrichen und sodann mit einem Ueberzug aus eben solchem Mörtel versehen worden war, so drangen die Sickerungen doch durch das Mauerwerk und kamen an der unteren Böschungfläche zum Vorscheine, wo sie eine ziemlich dichte Kalkanflugsschichte hervorbrachten; es wurde sogar festgestellt, dass diese Schichte sich noch immer weiter bildet, und sie hat sich nach einer im Jahre 1987 vorgenommenen theilweisen Reinigung wieder erneuert. Ausserdem sind auf der unteren Böschungfläche, gegen die Enden des Abschlusswerkes zu in ungefähr symmetrischer Lage zwei fast unmerkliche Risse entstanden; dieselben scheinen von einer leichten Sackung der Fundamente des unteren Mauerwerkes oder von einer durch die grosse Länge des Bauwerkes bewirkten Zusammenziehung des Mauerwerkes herzurühren; sie sind auf der oberen Böschungfläche nicht sichtbar und geben sich durch beständige Sickerungen auf der unteren Böschungfläche kund. Das Volumen der Sickerungen ist übrigens sehr unbedeutend: es beträgt im ganzen Bauwerk nicht einmal 1 Liter per Sekunde. Es hat sich seit dem Beginn bedeutend vermindert und scheint immer mehr abnehmen zu wollen.

Das Reservoir leistet der Stadt Annonay grosse Dienste; es sichert in regelmässiger Weise die Wasserversorgung der Stadt, und im Anschluss hieran jene der bedeutenden Weissgerb-Industrie; letztere war früher durch die stets zunehmende Trübung des Deume-Wassers, auf welches sie behufs Lieferung eines für den Sammelgang hinreichenden Sicker Volumens angewiesen war, ernstlich bedroht; das Minimum seines Abflusses geht nicht unter 100 Liter per Sekunde herab. Mit Bezug auf die Vermehrung der Deume-Wasserführung während der Niederwasserperiode ist es schwierig, die vortheilhafteste Verwendung des Vorrathes aufindig zu machen, da Zeitpunkt und Dauer jener Periode und der Grad der Trockenheit, obwohl sie gewissen allgemeinen Regeln folgen, veränderlich sind und nicht mit genügender Sicherheit vorausgesehen werden können, um die Abflüsse genau mit ihnen zusammenfallen zu lassen; dies hat zu Klagen seitens der Fabriksbesitzer Anlass gegeben, welche, da sie zu den Anlagekosten des Reservoirs beigetragen haben, seinen Vorrath auf die vortheilhafteste Weise benützen wollen: diese Frage wird seit langer Zeit untersucht; alle auf dieselbe bezüglichen Thatsachen werden durch graphische Darstellungen veranschaulicht, mittelst welcher man sich bemüht, zur befriedigendsten Lösung zu gelangen.

Was die Verminderung der Hochwässer betrifft, so ist die nützliche Wirksamkeit des Reservoirs zweifellos, doch ist die Volksmeinung geneigt, dieselbe zu überschätzen, wie dies insbesondere anlässlich der furchtbaren



Ueberschwemmungen der Fall war, welche im September 1890 das Ardèche-Departement verwüsteten; sie hat jener Wirksamkeit mit Unrecht einen hervorragenden Antheil an der Unschädlichkeit des Deume-Hochwassers zugeschrieben, während diese Unschädlichkeit in erster Linie dem Umstande zu



Abschlusswerk der Rive oder des Ban.

verdanken ist, dass das Gebiet dieses Flusses von den zu jener Zeit vorgekommenen Gewitterregen relativ verschont blieb.

#### Reservoir des Rive oder des Ban.

*Zweck und Zeitpunkt der Anlage.* — Dieses Reservoir wurde auf dem Ban, einem Nebenfluss des Gier errichtet, um den Betrieb der Fabriken am Gier zu reguliren und der Stadt St. Chamond Trinkwasser zu liefern. Es wurde 1866 begonnen, 1870 vollendet.



*Allgemeine Anlageverhältnisse.* — Das an einem eingeeengten Thalpunkte angelegte Abschlusswerk bewirkt eine Stauung von 45,10 Meter; seine, 1,90 Meter über dem Stauniveau, d. i. in der Seehöhe von 527,95 Meter abgegliche, eine Fahrstrasse bildende Kappe besitzt eine Länge von 165 Meter und ist in der Form eines gegen die Bergseite convexen Kreisbogens angelegt, dessen wagrechter Halbmesser 404 Meter beträgt. Seine Dicke am Scheitel beträgt 4,90 Meter und sein Profil ist gleich jenem von Gouffre-d'Enfer von geraden Linien oder Tangentencurven begrenzt, welche im Grundmassiv, dessen Dicke an der Basis der Fundamente 38,70 Meter beträgt, endigen. Sein Profil ist nach derselben Methode bestimmt worden, so dass der vom Mauerwerk auszuhaltende Druck in richtigen Grenzen gehalten wird. Bei Ausführung des Mauerwerkes wurden die gleichen Vorsichten und gleiches Material angewendet, nur dass die verwendeten Bruchsteine von schieferiger, mittelmässiger Beschaffenheit waren.

Um die Festigkeit des Baues nicht zu gefährden, geschieht die Entleerung gleichfalls durch einen 60 Meter langen, gemauerten Tunnel, der in dem Strebepfeiler des linken Ufers durchgegraben ist, und dessen Schwelle an seiner Mündung in's Reservoir sich 9 Meter oberhalb des Grundes befindet. Er hat 2 gusseiserne Röhren von 0,40 Meter Durchmesser aufgenommen, welche an ihrem Beginn in einen langen gemauerten Zapfen von 28,27 Meter Länge eingebaut und mit Hahnschützen zur Regulirung des Abflusses versehen sind. Die eine Röhre mündet direkt ins Reservoir und dient dazu, dem Flusse eine Wasserführung von 50 Liter behufs Speisung der Fabriken zu geben. Die andere ist zur Wasserversorgung von St. Chamond bestimmt, dessen täglicher Verbrauch 12000 Cubikmeter beträgt, und wird, um das von ihm geführte Wasser abzuklären, oberhalb durch einen 1,40 Meter hohen, 1,30 Meter hohen Aquädukt gespeist, dessen von Löchern durchbrochene Wölbung mit einer 2 Meter dicken Stein- und Kiesschicht bedeckt ist, durch welche das Wasser hindurchsickert, bevor es ins Reservoir gelangt.

Der im Stauniveau abgegliche Oberflächen-Ueberfall ist am rechten Thalufer angelegt, unmittelbar oberhalb des Abschlusswerkes, in einer Länge von 30 Meter; er entleert den Wasser-Ueberlauf in einen Abflusscanal, welcher unterhalb des Abschlusswerkes in das Ban-Bett mündet.

*Verschiedene Daten.* — Die für die Berechnung der Widerstandsfähigkeit des Mauerwerkes angewendeten Formeln sind die nämlichen wie beim Gouffre-d'Enfer, nur dass die Grenze des zulässigen Druckes hier 8 Kilogramm per Quadratcentimeter beträgt; in Wirklichkeit beträgt der Maximaldruck per Quadratcentimeter auf die untere Böschungfläche, unter Berücksichtigung der bei Anwendung jener Formeln anzubringenden Verbesserungen, 11 Kilogramm.

Die Oberfläche des Niederschlagsgebietes beträgt 1800 Hektar, mit einer jährlichen durchschnittlichen Regenmenge von 0,80 Meter, welche ein Volumen von 14400000 Cubikmeter darstellt. Die Erfahrung hat gelehrt,



dass von diesem jährlichen Volumen nur 65 Procent d. i. 9 560 000 Cubikmeter in den Thalweg gelangen. Das Reservoir füllt sich zweimal jährlich, das erste Mal infolge der Herbstregen, das zweite Mal infolge des Schmelzens der Schneemassen.

Der Rauminhalt des Reservoirs beträgt 1 850 000 Cubikmeter, entsprechend einer oberen Wasserfläche von 18 Hektar; die Herstellungskosten beliefen sich auf 950 000 Francs, der Kubikmeter effektiven Rauminhaltes kommt somit auf 0,50 Francs zu stehen.

Die Sickerungen sind ziemlich beträchtlich; wenn das Wasser das Ueberfallsniveau erricht, so betragen sie nicht weniger als 1000 Cubikmeter per 24 Stunden, d. i. mehr als 10 Liter per Sekunde.

Das gesammelte Wasser ist gleich jenem der anderen Pilat-Reservoirs und wie überhaupt alles Wasser, das aus Granitbecken kommt, chemisch sehr rein und eignet sich vorzüglich zum Färben; auch hat es den Vorzug, in den Kesseln keine Ueberzüge zu bilden; seine Verwendung hat der Entwicklung der Industrie von St. Chamond einen grossen Aufschwung verliehen.

#### Reservoir von Pas-du-Riot.

*Zweck und Zeitpunkt der Anlage.* — Dieses Reservoir ist auf dem Furan angelegt, etwa 2 Kilometer oberhalb jenes von Gouffre-d'Enfer, dessen als unzulänglich erkannte Speisung zu ergänzen es bestimmt ist. Es wurde 1873 begonnen, 1878 vollendet.

*Allgemeine Anlage-Verhältnisse.* — Das in einer Thalenge erbaute Abschlusswerk bewirkt eine Stauung von 55,50 Meter und seine, 1 Meter oberhalb des Stauniveaus abgegliche, eine Fahrstrasse bildende Kappe hat die Form eines gegen die Bergseite convexen Kreisbogens, dessen horizontaler Halbmesser 550 Meter beträgt. Seine Dicke am Scheitel beträgt 4,90 Meter und sein Profil ist, gleich jenem von Gouffre-d'Enfer von geraden Linien oder Tangentencurven begrenzt, welche seine Breite an der Basis im Niveau der Thalsohle auf 21,86 Meter bringen und nach derselben Methode bestimmt wurden, so dass der vom Mauerwerk auszuhaltende Druck in den richtigen Grenzen gehalten wird. Bei Ausführung des Mauerwerks wurde dasselbe Material und die nämlichen Vorsichten angewendet.

Um die Festigkeit des Baues nicht zu gefährden, geschieht die Entleerung gleichfalls durch einen gemauerten, 74 Meter langen Tunnel, der im Strebe- Pfeiler des rechten Ufers durchgegraben ist, und dessen Schwelle an ihrer Mündung ins Reservoir 8,40 Meter über dem Grunde liegt. Er hat 2 guss- eiserne Röhren von 0,40 Meter Durchmesser erhalten, welche an ihrem Beginne in einen gemauerten Zapfen von 10 Meter Dicke eingebaut und mit Hahnschützen zur Regulirung des Abflusses versehen sind.

Der im Stauniveau abgegliche [Oberflächen-Ueberfall ist am linken



Thalufer unmittelbar oberhalb des Abschlusswerkes in einer Länge von 30 Meter angelegt; er entleert den Ueberlauf des Wassers in einen Abflusscanal, welcher es in mehreren aufeinanderfolgenden Wasserfällen dem Furan zuführt.

*Verschiedene Daten.* — Die bei der Berechnung der Widerstandsfähigkeit des Mauerwerkes verwendeten Formeln haben einen Maximaldruck von 7,50 Kilometer per Quadratcentimeter auf die untere Böschungfläche ergeben; berücksichtigt man jedoch die Verbesserungen, welche jene Formeln zulassen, so muss jener Druck in Wirklichkeit auf 10 Kilog. geschätzt werden.

Das Niederschlagsgebiet hat so ziemlich die gleiche Oberfläche, wie das von Gouffre-d'Enfer; die Oberfläche des Reservoirs beträgt 13,75 Hektar, und sein Rauminhalt, der sich mit 1 500 000 Cubikmeter beziffert, füllt sich mit Leichtigkeit jedes Jahr wobei er noch ein mehr als genügendes Volumen für den Betrieb der unmittelbar unterhalb befindlichen Fabriken und für die Speisung des Reservoirs von Gouffre-d'Enfer abfließen lässt. Die Herstellungskosten beliefen sich auf 1 280 000 Fr., sodass der Cubikmeter effektiven Rauminhaltes, wie bei dem letzteren, auf 1 Fr. zu stehen kommt.

#### Reservoir von Chartrain.

*Zweck und Zeitpunkt der Anlage.* — Dieses Reservoir liegt am Tache-Bache, einem Zufluss der Trenaison, die bei Roanne in die Loire mündet. Es ist am linken Ufer der Loire am Ost-Ende des mittleren Granit-Massivs gelegen, in einer der Schluchten der Madeleine-Berge, die durch eine von diesem Massiv ausgehende Porphy-Hügelkette gebildet werden. Es dient zur Wasserversorgung der Stadt Roanne; die Höhe seiner Stauung macht es möglich, das für diesen Zweck bestimmte Wasser in bedeutender Tiefe aus demselben zu entnehmen, so dass es die gleiche Güte besitzt wie das Wasser der grossen Seen; es wird mittelst des überschüssigen Wassers gefüllt, so dass die stromabwärts wohnenden Benutzer keinen Abbruch erleiden; ein Theil seines Rauminhaltes ist eigens für die Verminderung der Hochwässer bestimmt. Die Arbeiten wurden 1888 begonnen; heute erübrigt nur mehr, die Deichkappe aus Quadersteinen aufzusetzen, was im Frühjahr 1892 geschehen wird. Eine theilweise Füllung wurde bereits bewerkstelligt und seit September 1891 ist das Wasserniveau 15 Meter unterhalb der Kappe erhalten worden.

*Allgemeine Anlage-Verhältnisse.* — Die Axe des Abschlusswerkes bildet eine Curve, die ihre Convexseite stromaufwärts kehrt und mit einem horizontalen Halbmesser von 400 Meter beschrieben ist. Die Stauhöhe, welche es im Niveau des Oberflächenüberfalls bedingt, beträgt 46 Meter. Seine Dicke im Niveau des fest in den Porphyrfelsen eingebauten Grundmassivs beträgt 41,30 Meter. Der Fahrweg, der es krönt, ist 1 Meter über dem Ueberfalls



niveau abgeglichen und besitzt eine Breite von 4 Meter zwischen den Brustwehren; auf der unteren Seite ist er jedoch durch eine Reihe Schnittwölbungen und viereckiger Pfeiler gestützt, welche dasselbe Profil wie das Abschlusswerk selbst besitzen und dem Baue als Schmuck dienen. Der Ueberfall bildet die Seitenwand eines Abflusscanales von 5 Meter Breite auf 4 Meter Tiefe und ist mit einem Schützen versehen, dessen Schwelle 3,75 Meter unterhalb seiner Kappe liegt. Die Handhabung dieses Schützen soll dazu dienen, die gewöhnliche Höhe des Wasserspiegels 2 Meter tiefer zu halten, um den dieser Höhe entsprechenden Rauminhalt von 500 000 Cubikmeter für die Verminderung der Hochwässer vorzubehalten.

Die Wasserentnahme geschieht 41,75 Meter unterhalb des Niveau's des Ueberfalles oder 4,25 Meter oberhalb des Grundes mittelst zweier gusseiserner Röhren mit einem inneren Durchmesser von 0,45 Meter, welche 0,025 Meter dick und einfach ins Mauerwerk eingelassen sind. Bei ihrem Austritt sind diese Röhren mit einer Klappe System Edant und einem System von Hähnen versehen. Mittelst der Hähne kann man eine beliebige Röhre öffnen und das Wasser leiten, wohin man dies für angezeigt erachtet. Die Klappen bleiben gewöhnlich offen und müssen nur dann geschlossen werden, wenn die Hähne auszubessern sind. Um die Röhren anbringen zu können, hat man eine Oeffnung im Mauerwerk gelassen; das Setzen dieser Röhren mittelst gedrehter Koppelringe geschah auf Sandkästen. Nach Ausführung der Gelenke stellte man an den Wänden eine Füllung aus künstlichem Cement Vicat her und auf dieser Füllung mauerte man sodann, indem man mit dem unteren Theile begann, wo man einen genügend grossen leeren Raum gelassen hätte, um diese Arbeit möglichst zu erleichtern. 2 Meter unterhalb dieser beider Röhren wurde eine dritte von 0,30 Meter Durchmesser unter gleichen Verhältnissen angelegt. Bisher hat längs dieser Röhren keine Sickerung stattgefunden,

Die verwendeten Bruch- und Quadersteine sind graniten und stammen aus der Gegend; der Kalk kommt aus den Oefen des « Theil »; der Sand wurde an Ort und Stelle durch Zermalmen granitener oder porphyrener Felsblöcke hergestellt. Zum Mörtel nahm man 340 Kilogramm Kalk auf 0,90 Cubikmeter Sand. Die mit Ziegeln von solcher Zusammensetzung vorgenommenen Versuche haben einen Zermalmungswiderstand von 9,27 Kilo nach 2 Tagen, bis 52,54 Kilo nach 2 Monaten und 105,20 Kilo nach 6 1/2 Monaten ergeben.

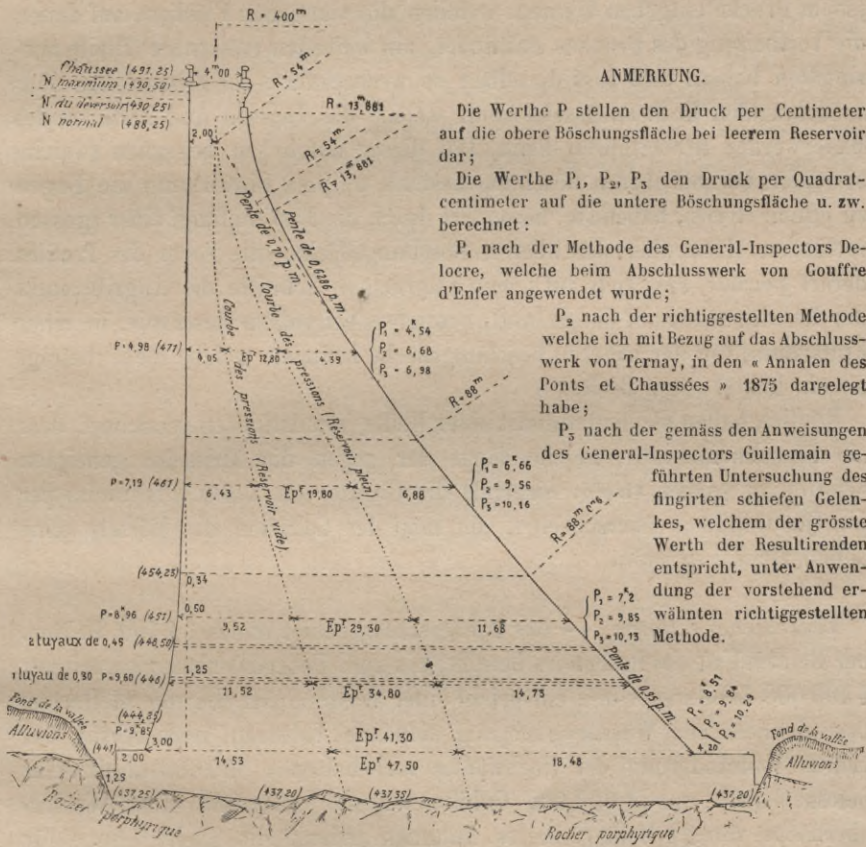
Das Gewicht des Cubikmeters gewöhnlichen Mauerwerkes, berechnet nach seiner Zusammensetzung aus 0,60 Cubikmeter granitenen Bruchsteinen mit einem specifischen Gewichte von 2 800 Kilo und 0,40 Cubikmeter Mörtel mit einem specifischen Gewichte von 1 820 Kilo ist auf 2 400 Kilo geschätzt worden.

Von dem Maximal-Niveau der oberen Wasserfläche wird angenommen, dass es zu Zeiten aussergewöhnlichen Anschwellens des Tache-Baches das Niveau des Oberflächen-Ueberfalles um 0,25 Meter übersteigen könne.



Gemäss diesen Bedingungen wurde der Querschnitt-Typus des Abschlusswerkes berechnet und festgesetzt; es scheint von Interesse, denselben bildlich darzustellen, um die Regeln klar zu machen, welche bei seiner Bestimmung befolgt wurden und welche gewissermassen als das letzte Wort der bezüglich der Anlage solcher Bauten in Frankreich geführten Untersuchungen angesehen werden können.

Auf diesem Profil findet man an verschiedenen Höhen der oberen und



Abschlusswerk von Chartrain. — Profil-Typus.

unteren Böschungsfläche den Maximalausdruck des von dem Mauerwerke auszuhaltenden Druckes angegeben, wie sich derselbe aus der vernünftigen Anwendung des angenommenen Trapezoidal-Gesetzes ergibt; er wird durch die Werthe von P auf der oberen Böschungsfläche geliefert, wenn das Reservoir leer ist, und durch die Werthe von  $P_3$  auf der unteren Böschungsfläche, wenn das Niveau im Wasserbehälter seine Maximalhöhe von 490,50 erreicht. Er übersteigt nicht die Grenze von 11 Kilogramm, die man, ohne dem Grundsatz der Vorsicht untreu zu werden, annehmen kann, wenn es sich



um ein mit grosser Sorgfalt und aus sehr gutem Material hergestelltes Mauerwerk handelt.

Die Ingenieure, welche den Plan zu diesem Bauwerk entwarfen, begnügten sich jedoch nicht damit, den höchsten Ausdruck des vom Mauerwerk auszuhaltenden Druckes durch vielerlei graphische Operationen und mühevollen Berechnungen zu finden; sie haben auch die Gefahr ins Auge gefasst, dass indem das Reservoir abwechselnd leer und gefüllt ist, die in der Nähe der oberen und unteren Böschungfläche liegenden Theile möglicherweise jenem Drucke entgehen können, welchen die von jenen Flächen, auf denen die Vertheilung des Druckes stattfindet, am weitesten entfernten Theile auszuhalten haben, und dass dieselben so wechselweise der Einwirkung einer ausdehnenden Kraft ausgesetzt sind, welche das Reißen und Zerfallen des Mauerwerkes herbeiführen kann. Um dieser Gefahr zu begegnen (welche besonders bei der oberen Böschung besteht, wo jene Einwirkung die Fugen zu öffnen strebt), haben sie, besonders durch die Bestimmung einer grossen verticalen Höhe über der oberen Böschungfläche, die Form des Profiles derart gewählt, dass sich auf jedem wagrechten Schnitte der Angriffspunkt der Resultirenden auf den Schnitt, besonders bei vollem Reservoir, in einer Entfernung von der näheren Böschungfläche befindet, welche mehr beträgt als ein Drittel seiner Breite.

Endlich haben sie sich mittelst einer Reihe von Aufrissen versichert, dass die Einschneidekraft, welche längs der gegen die Thalseite geneigten Schnitte zu wirken strebt, nirgends die Grenze von 8 000 Kilogramm per per Quadratmeter überschreitet, die man der Cohäsion des Mörtels ohne Gefahr zumuthen kann.

*Verschiedene Daten.* — Das Niederschlagsgebiet umfasst 1 400 Hektar. Der Rauminhalt des Reservoirs beträgt, bis zum Ueberfallsniveau gerechnet, 4 500 000 Cubikmeter und entspricht einer Wasseroberfläche von 24 Hectar. Das wirkliche zur Wasserversorgung dienende Volumen, nach Abzug der behufs Verminderung der Hochwässer vorbehaltenen 500 000 Cubikmeter beträgt jedoch nur 4 000 000 Cubikmeter und entspricht einer Wasseroberfläche von 22 Hektar. Dieses Volumen gedenkt die Stadt Roanne für ihre Wasserversorgung zu benützen und ausserdem noch zu gleichem Zwecke das von der Tache ins Reservoir ergossene Volumen, solange die Wasserführung des Renaison an der Mündung jenes Baches 500 Liter per Sekunde erreicht oder übersteigt. Wird die Wasserführung des Renaison geringer, so wird sie das zur Ergänzung Nothwendige abfliessen lassen, ohne jedoch zur Abgabe von mehr Wasser genöthigt zu sein, als die Tache oberhalb des Reservoirs führt. Unter solchen Umständen scheint die Wasserversorgung von Roanne nothwendiger Weise reichlich gesichert zu sein, ohne dass hieraus ein Nachtheil für die gegenwärtigen Benützer entspringt.

Die Gesamtausgabe ist noch nicht endgiltig bekannt, kann je local Aies



in Allem auf etwa 2 100 000 Fr. geschätzt werden, woraus sich für den Cubikmeter effektiven Rauminhaltes ein Herstellungspreis von 0,47 Fr. ergibt.

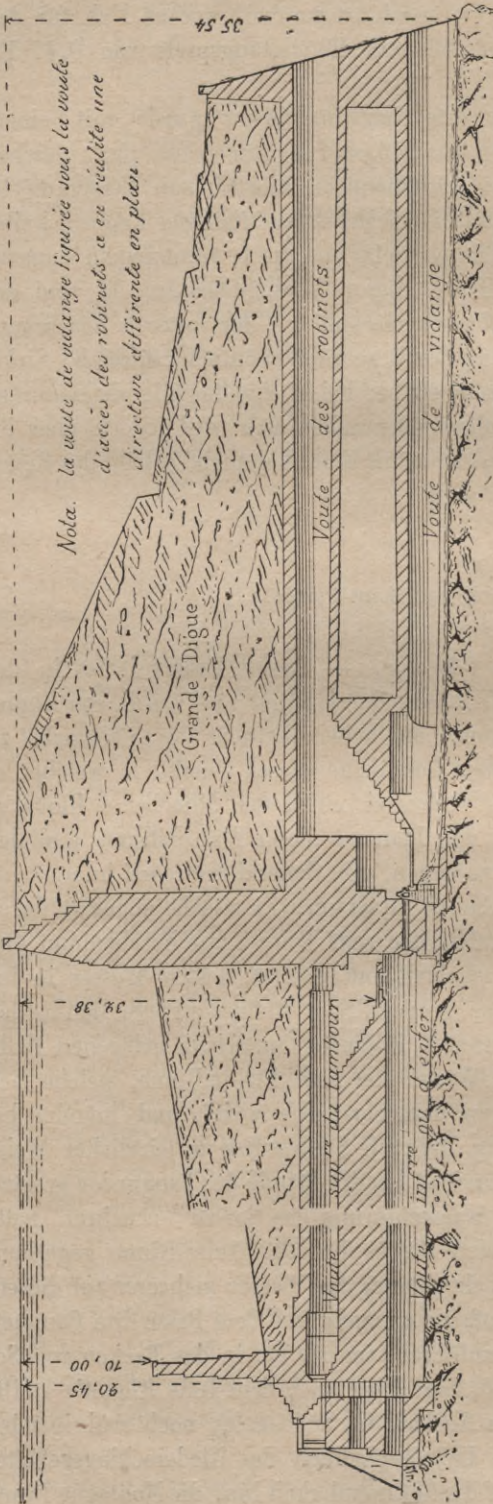
Die obere Böschungfläche des Abschlusswerkes wurde mit einem 0,05 Meter dicken Ueberzuge aus langsam geronnenem, aus gleichen Theilen von Cement und Sand bestehendem, künstlichem Cementmörtel bekleidet; dieser Ueberzug reicht bis 10 Meter unterhalb der Kappe; weiter hinauf sind die Fugen der Böschungfläche mit rasch geronnenem Cementmörtel verstrichen worden. Trotz dieser Vorsichtsmassregeln und der Sorgfalt bei Ausführung des Mauerwerks sind auf der unteren Böschungfläche bei der theilweisen Füllung des Reservoirs ziemlich zahlreiche Sickerungen zum Vorschein gekommen; seither haben sie allmählig abgenommen und sind heute beinahe gänzlich verschwunden. Man wird jedoch über ihr Volumen und ihre Fortdauer erst dann ins Klare kommen, sobald das Reservoir mit voller Ladung arbeiten wird.

#### Reservoir von Saint-Ferréol.

*Zweck und Zeitpunkt der Anlage.* — Dieses Reservoir ist in der Geschichte des Baues von Schifffahrtskanälen berühmt; es wurde von Riquet erbaut, um am Passe von Naurouze die Scheitelhaltung des Südcanales zu speisen. In einer 1804 erschienenen Geschichte dieses Canals, in welcher er für seinem Grossvater François Andréossi, einen der Mitarbeiter Riquet's, die Ehre in Anspruch nimmt, den Plan zu dieser Wasserstrasse und den zugehörigen Bauten entworfen zu haben, gibt General Andreossi interessante Details über das in Rede stehende Reservoir. Es wurde angelegt durch Absperrung des Thales des Landot, der vom Noire-Berge herabkommt und sich in den Sor, einen Nebenfluss des Agout ergiesst, dessen Wasser in den Tarn und von da in die Garonne gelangt. Sein Abfluss ergiesst sich in den Bach, vereinigt sich an der etwa 5 Kilometer unterhalb gelegenen Halbschleuse des Landot mit dem Wasser der sog. Plaine-Rinne, welche sich bei der Crouz-Brücke direkt aus dem Sor-Bache speist, und mündet bei Naurouze in die Scheitelhaltung. Der erste Stein wurde in feierlicher Weise am 17. November 1667 vom Vorsitzenden der Stände des Languedoc gesetzt.

Vormals darauf bedacht, die Wasserführung des Sor zu vermehren, hatte Riquet am Südabhange des Noires-Berges die sog. Noire-Rinne gegraben, welche ihm die Möglichkeit gegeben hatte, das Wasser mehrerer auf diesem Abhange befindlicher Wasserläufe zu sammeln und dem Passe von Conquet, der Scheide beider Abhänge zuzuführen, von wo sie in das Becken von Sor geleitet wurden. Im Jahre 1685, fünf Jahre nach dem Tode Riquet's stellte der mit der Prüfung der zum Ausbau des Südcanales noch erübrigenden Arbeiten betraute Vauban die Unzulänglichkeit des Niederschlagsgebietes des Reservoirs fest und wies auf die Nothwendigkeit hin, die Montagne-Rinne





Bocken von St. Ferréol. — Entleerungsgang.

bis zum Landotbache zu verlängern, um die regelmässige Füllung des Reservoirs zu sichern. Diese Verlängerung ward ausgeführt und erreichte den von dem berühmten Ingenieur in Aussicht genommenen Zweck. Eine Gürtelrinne am linken Ufer functionirt in gleicher Weise wie der Ableitungscanal von Gouffre d'Enfer, sodass man das Landot-Wasser abfliessen lassen kann, ohne es durch das Reservoir zu leiten.

*Allgemeine Anlage-Verhältnisse.* — Das aus Erde und Mauerwerk bestehende Abschlusswerk, dessen Einrichtung dem Abschlusswerke von Couzon als Vorbild gedient hat, trägt eine Stauung von 51,55 Meter Höhe, deren, in einer Seehöhe von mehr als 549,19 Meter befindliche Wasserfläche eine Oberfläche von 67 Hektar hat, und deren Volumen 6 400 000 Cubikmeter beträgt. Es bildet ein 140 Meter dickes Massiv, welches durch auf den Felsen gegründete, oberhalb 10, unterhalb 20 Meter hohe Stützmauern der Aufschüttung beendigt wird; gegen die Mitte, etwa 65 Meter von der obo-



ren Böschungsfäche entfernt, ist eine, gleichfalls auf dem Felsen ruhende Centralmauer angebracht, deren Scheitel oberhalb durch eine schiefe Fläche, unterhalb durch Stufen abgeflacht ist und in eine, 1 Meter dicke, 1,50 Meter über dem Wasserspiegel abgegliche Brustwehr endigt. Den Zwischenraum zwischen diesen Mauern füllen aus Kieseln und Erde bestehende, mit einer etwa 2 Meter dicken Thonschicht bedeckte Aufschüttungen aus. Die obere Aufschüttung, deren Profil gegen die Centralmauer sanft abfällt, endigt an derselben, 10 Meter unterhalb des Stauniveau's; die untere dagegen steigt gegen die Centralmauer bis 1 Meter unterhalb der Brustwehr derselben an und bildet daselbst eine 15,50 Meter breite Plattform; sodann fällt sie in Vorsprüngen sanft bis zur Kappe der unteren Mauer ab.

Die Entleerungsmittel sind :

1. Eine aus 5 Schützen bestehende Ablaufröhre, deren Schwellen 1,80 Meter unterhalb des Stauniveau's liegen;
2. Ein Schütze, dessen Schwelle 6,70 Meter unterhalb dieses Niveau's liegt;
3. Ein anderer Schütze, dessen Schwelle 12 Meter tief liegt;
4. Drei Hähne, deren Axen 51,55 Meter tief liegen;
5. Ein Grundschtütze, dessen Schwelle 2,50 Meter unterhalb der Hahnaxen liegt, und der nur zur Trockenlegung dient.

Ober- und unterhalb der Centralmauer wurden 2 übereinanderliegende Gänge behufs Zuganges zu den Hähnen und Handhabung derselben erbaut; infolge der Stärke der Sickerungen hat man jedoch auf die Benützung der oberen Gänge verzichtet und die Hähne unterhalb der Centralmauer verlegt, sie sind auf gusseisernen Röhren angebracht, welche durch jene Mauer gehen und 51,48 Meter unterhalb des Wasserspiegels in den unteren Gang auf der Bergseite, das sog. Höllengewölbe münden; ihr Abfluss fällt in den unteren Gang auf der Thalseite und geht von da zum Laudot; man gelangt dahin durch den oberen Gang auf der Thalseite, welcher auf die Thalböschung mündet. Der Grundschtütze liegt am Fusse der oberen Böschungsfäche der Centralmauer und wird erst gehandhabt, wenn das Reservoir beinahe ganz leer ist. Die, gleich den übrigen Entleerungsmitteln, in der Centralmauer angebrachte obere Ablaufröhre dient hauptsächlich zur Regulirung der Stauhöhe.

*Verschiedene Daten.* — Die Gänge an der Thalseite, welche heute allein zur Handhabung der Hähne dienen, waren von Anfang her unaufhörlich starken Sickerungen ausgesetzt und haben fortwährend Ausbesserungen nothwendig gemacht. Aus einer am 26. August 1826 aufgenommenen Messtabelle geht hervor, dass sich die Sickermenge damals auf 40,500 Liter per Sekunde belief; 1878 betrug sie nur mehr 5,678 Liter; am 25. Mai 1878 verdrei-



fachte sie sich jedoch plötzlich, und das Wasser wurde sehr trübe, bis dann wieder der frühere Zustand eintrat. Um sich über die Ursachen dieser Sickerungen klar zu werden, hat man im November 1879 am rechts liegenden Winkel der grossen Mauer und der Wölbungen eine bis zum Niveau des Entleerungsganges reichende Tiefenmessung vorgenommen, welche zu der Erkenntniss führte, dass die Aufschüttungen, entgegen der herrschenden Annahme massiv, gut gesackt und consistent, und dass das Mauerwerk gut gebaut und in gutem Zustand sei. Man hat sich daher darauf beschränkt, das Sondenloch mit Ziegelschutt und grobem Kies, und sodann, nachdem man es mittelst Durchbrechung der Mauer des Gurtpfeilers des Entleerungsganges mit letzterem in Verbindung gesetzt hatte, mit griesigem Sande zu verschütten, um eine Art senkrechten Abzugscanales zu schaffen. Unerwarteter Weise ist seither die Sickermenge von 5,678 auf 1,457 Liter gesunken.

#### Reservoir von Lampy.

*Zweck und Zeitpunkt der Errichtung.* — Das Reservoir von Lampy hatte zum Zweck, die dem Reservoir von Saint-Ferréol, dem Lor-Bache und den Wasserläufen des Mittelmeer-Abhanges der Montagne Noire entlehnten Speisungsmittel der Scheitelhaltung zu ergänzen. Es ist auf einem der letzteren Wasserläufe, dem Lampy, angelegt, und seine, in die Gebirgsrinne fallenden Abflüsse können nach Belieben entweder längs der nach den Anweisungen Vauban's ausgeführten Verlängerung jener Rinne in den Laudot geleitet werden, um die Vorräthe des Reservoirs von Saint-Ferréol zu vermehren, oder durch den Conquet-Ueberfall, welchen Riquet vor Anlegung des Reservoirs von Saint-Ferréol hatte bauen lassen, in den Sor.

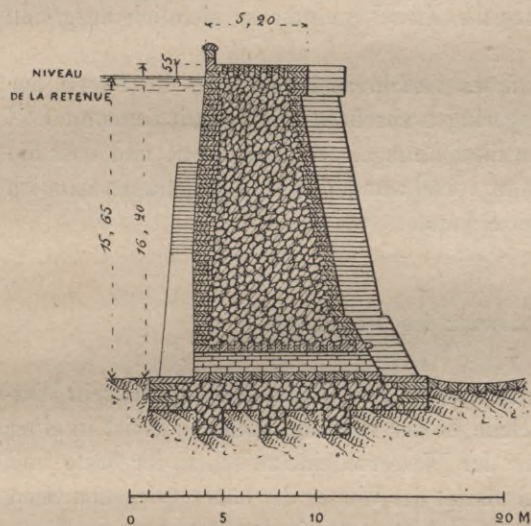
Das Reservoir von Lampy stammt nicht aus der Zeit Riquet's; es wurde von seinen Erben in der Zeit von 1777 bis 1880 erbaut, um im Südcanal das Wasser zu ersetzen, welches er dem sog. Verbindungscanal liefern musste, den die Provinz Languedoc erbaut hatte, um die Robine de Narbonne mit dem Südcanal zu verbinden.

*Allgemeine Anlageverhältnisse.* — Das Reservoir wurde in einer Thalenge angelegt, welche die Fortsetzung einer Erweiterung bildet, es ist aus Granitsteinen gemauert und ruht auf allen Seiten auf dem unzusammendrückbaren Felsen; es besteht aus einer quer über den Thalweg gehenden Mauer, deren Länge am Scheitel 126 und an der Basis 42 Meter beträgt; seine, an der Wasserseite mit einer Brustwehr versehene Kappe ist 5,20 Meter breit und 16,20 Meter über dem Grunde abgeglichen. Die obere Böschungsfäche ist etwa vertical; die untere ist geneigt und auf zehn Strebepfeiler gestützt. Die Mauern und ihre Strebepfeiler, sowie die Stiegen, welche an die obere Böschungsfäche gelehnt sind, um zu den Schützen gelangen zu können, ruhen auf einem, auf den nackten Felsen fundirten Grundmassiv von 15 Meter Dicke und 1,90 Meter Höhe.



Die Stauhöhe beträgt 15,65 Meter und ihr oberes Niveau liegt daher 0,55 Meter unterhalb der Fahrstrasse des Abschlusswerkes; der Rauminhalt des Reservoirs beträgt 1 672 000 Cubikmeter und die Oberfläche des Wasserspiegels 25 Hektar.

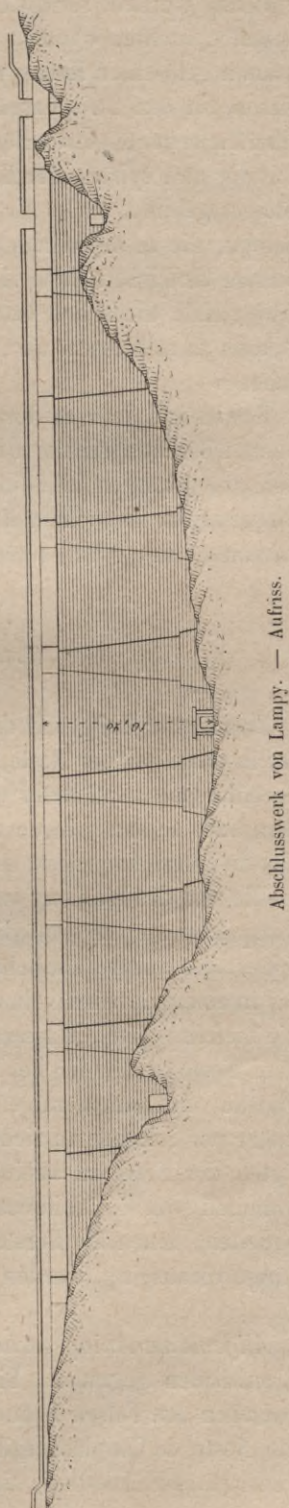
Die Entleerungsmittel bestehen aus 4 Aquädukten, die im Körper des Mauerwerks angebracht und auf der oberen Böschungfläche mit



Abschlusswerk von Lamby. — Profil.

Schützen versehen sind, welche entweder von der Mauerkappe aus gehandhabt werden, oder mittelst der früher erwähnten Stiegen: zwei sind am linken Ufer, ihre Schwellen liegen 2,10 bzw. 6 Meter unter dem Stau-niveau; der dritte liegt am linken Ufer und seine Schwelle 10,70 Meter tief; der vierte befindet sich in der Mitte, bis am Grunde des Reservoirs, seine Schwelle liegt 15,65 Meter unterhalb des Stau-niveau's.

*Verschiedene Daten.* — Die Ausführung des Mauerwerkes liess zu wünschen übrig, und anfänglich waren die Sickerungen durch das Abschlusswerk sehr reichlich. In dem Werke, welchem mehrere von der vorstehenden Daten



Abschlusswerk von Lamby. — Aufriss.



entlehnt wurden, setzt General Andreossi auseinander, dass man dem abzuhelpfen suchte, « indem man vor die innere Böschungsfäche 280 Myriagramm gelöschten Kalkes warf, welchen das Wasser verdünnt, sodann abgerissen, in den Zwischenräumen des Mauerwerkes abgelagert und bis zur Oberfläche der äusseren Böschung geführt hat, wo dieser Kalk, indem er sich mit der atmosphärischen Kohlensäure verband, eine dünne Schichte belebten Steines gebildet hat. » Er fügt hinzu : « Die grosse Mauer des Beckens von Sampy, die so mit einem ganz weissen Stoffe austapeziert ist, hebt sich in diesem ländlichen Thale ziemlich scharf ab. Nachdem man dieses Verfahren einige Male wiederholt hatte, zeigten sich draussen keine Sickerungen mehr, woraus zu schliessen war, dass die Zwischenräume so ziemlich ausgefüllt seien. »

Gewiss ist, dass es durch dieses Verfahren, indem man die Fugen der oberen Böschungsfäche als Lagerfugen zuschnitt und sie mit Cementmörtel belegte, gelungen ist, die Ausflussöffnungen zu verstopfen, und dass die Sickerungen heute beinahe ganz verschwunden sind; sie betragen nämlich zusammen nur 0,145 Liter per Sekunde.

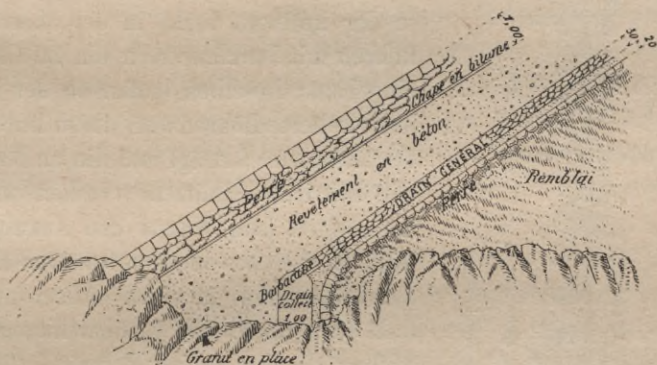
#### Abschlusswerk des Oredon-Sees.

*Zweck und Zeitpunkt der Anlage.* — Der Oredon-See ergiesst sein Wasser in das Thal der Neste, welche es der Garonne zuführt. Er ist in einer Seehöhe von 1852 Meter nahe der Wasserscheide zwischen der Neste und dem Gave de Pan gelegen und nimmt das Wasser der höher gelegenen Seen Cap-de-Long, Laquettes, Aubert und Aumar, sowie der Gletscher von Néouvielle und des Pic-Long auf; der Vorrath von 7 270 000 Cubikmeter, dessen Aufspeicherung er ermöglicht hat, bildet einen Theil eines Gesamt-Projektes, das andere ähnliche Anlagen im hoch gelegenen Theile des Thales bis zu einem Gesamtvolumen von etwa 23 000 000 Cubikmeter umfasst und die Lieferung jener Wassermengen zum Zweck hat, die nothwendig sind, um dem Neste-Canal, der bei Sarrancolin vom Neste-Fluss abzweigt und am Plateau von Lannemezan endigt, eine normale Wasserführung von 7 Cubikmeter per Sekunde zu sichern, ohne im Sommer die unteren Wasserberechtigten der Neste zu beeinträchtigen, welchen, wie anerkannt wurde, ein Volumen von 4 Cubikmeter per Sekunde vorbehalten werden muss. Die Arbeiten, denen die Herstellung einer Zufahrtsstrasse von etwa 9 Kilometer Länge vorausging, wurden 1869 begonnen und erst 1884 völlig beendet.

*Allgemeine Anlageverhältnisse.* — Das Bett des Oredon-Sees ist in den Granitboden gegraben. Die Schwelle, die sich in einer engen Schlucht zwischen den Felsen befindet, und über welche sich der Wasserüberlauf in die Neste de Couplan ergiesst, liegt an der Grenze dieses Bodens und des Uebergangs-Flötzkalkes; sie bietet prächtige Granitlager für die Anlage eines



Stauwerkes. In seinem ursprünglichen Zustand hatte der See eine Oberfläche von etwa 24 Hektar; sein Niederschlagsgebiet hat eine Oberfläche von 2800 Hektar und mit Rücksicht auf seine besonderen Verhältnisse hielt man ihn für fähig, jährlich einen im Sommer verfügbaren Vorrath von 15 Millionen Cubikmeter zu liefern. Er bot mithin die günstigsten Bedingungen für die Anlage eines grossen Reservoirs. Anfangs dachte man daran, alle diese Vortheile durch Erbauung eines 50 Meter hoch über die Schwelle reichenden Abschlusswerkes in Verbindung mit einer Speiseschleuse auf einem niedrigeren Niveau auszunützen; man befürchtete jedoch Enttäuschungen und zog es vor, das aufzuspeichernde Volumen auf 7 270 000 Cubikmeter herabzusetzen, indem man sich vorbehielt, später, wenn sich



Abschlusswerk des Oredon-Sees. — Bekleidung.

dies als möglich erweisen sollte, auf den oberen Seen, die ihr Wasser in den Oredon-See ergiessen, ergänzende Vorräthe anzulegen.

Zu diesem Ende wurde in der Schwelle ein etwa 5 Meter breiter Einschnitt gegraben, der zur Aufnahme des die Entleerungsvorrichtungen enthaltenden Ganges bestimmt ist und die Wasserentnahme 7 Meter unterhalb des Sees-Niveau's gestattet; andererseits hat man oberhalb der Schwelle ein Abschlusswerk aus Erdreich mit Schutzmauerwerk an der Wasserseite angelegt, wodurch eine Erhöhung des Wasserspiegels um 17 Meter möglich wurde; so hat man eine verfügbare Stauung von 24 Meter Höhe geschaffen, welche dem angegebenen Rauminhalte entspricht.

Die Länge des Einschnittes beträgt 480 Meter, wovon 167 Meter in den See selbst hinübergreifen, und 313 Meter auf dem natürlichen Ueberfall liegen; um die Ausführung zu erleichtern, hat man oberhalb eine Aufschüttung errichtet, die sich 3,50 Meter hoch über den Seespiegel erhebt und am rechten Ufer in ein 3 Meter breites, durch kleine Balken verschlossenes Abflussloch endigt. Letzteres diente zur Regulirung des Abflusses während des Baues sowie dazu, in den geeigneten Momenten, besonders gegen Ende des Tages, im Rinnsal nach Maassgabe seiner Vertiefung mächtige Wasser-





strömungen zu erzeugen, welche die Aus-  
hubprodukte gegen den Wasserfall zu fort-  
tragen.

Das Rinnsal wurde am Fuss der oberen  
Böschungsfäche des Abschlusswerkes durch  
ein 8 Meter dickes und 7 Meter hohes Beton-  
massiv aus Portland-Cement abgeschlossen;  
vor demselben wurde eine Wölbung erbaut,  
um die Speiseschleuse zu schützen und dem  
Bekleidungsmauerwerk der oberen Böschung  
als Stütze zu dienen; in dieses Massiv wurden  
an der Basis und in 2 Stockwerken eilf (fünf  
in der unteren, sechs in der oberen Reihe)  
Röhren mit Durchmessern von 30 Centimeter  
eingebaut; dieselben laufen an der Bergseite  
in erweiterte Röhren aus, deren Durchmesser  
60 Centimeter beträgt und die an ihrem Aus-  
tritt mit Hahn-Schützen versehen sind; letz-  
tere öffnen dem Wasser den Ausweg in das  
Rinnsal, welches bis zum unteren Ende des  
Abschlusswerkes in einen Entleerungs-Aquä-  
dukt verwandelt, und darüber hinaus für den  
Abfluss des Reservoirs unverändert erhalten  
ist.

Dieser Aquädukt wurde mit einem Kreis-  
bogengewölbe bedeckt, welches auf den Seiten  
des Felsens ruht und in eine Plattform endigt,  
welche die Schwelle eines oberen, gleichfalls  
gewölbten Ganges bildet; letzterer ist unter-  
halb des Abschlusswerkes zugänglich und zur  
Handhabung der Hahnstangen bestimmt; das  
Gewölbe dieses Ganges wurde durch die Auf-  
schüttungen bedeckt, die sich zu beiden Seiten  
auf den vorher blossgelegten und sorgfältig  
gereinigten Granitfelsen ausdehnen. Seine  
Länge zwischen dem oberen Ende des Ge-  
wölbes, das dem Betonmassiv vorgelagert ist  
und dem untern Ende des Entleerungs-Aquä-  
duktes beträgt 92,47 Meter. Für die Auf-  
schüttungen wurden reichliche Mengen grie-  
sigen Erdreiches entlehnt, welches in der  
Nähe, am Fusse des linksufrigen Seeabhangs  
vorhanden war; ein zum Werkplatz herab-  
gehendes Geleise in Verbindung mit einem



zweiten Geleise, das vom Werkplatz an hinabführte und zum Ausgangspunkt zurückkehrte, sowie endlich mit einer hydraulischen Maschine, die durch eine Ableitung der Abflüsse der oberen Seen getrieben wurde und die leeren Waggons wieder hinaufbeförderte, diente zur Herstellung eines hin- und hergehenden Verkehres behufs Beförderung der Erdmassen. Nach Maassgabe der fortschreitenden Aufschüttung brachte man auf der Böschung ein schiefes hölzernes Schwemmgestell an, dessen unterer Theil mit den neuen Aufschüttungen bedeckt wurde, und gegen welches man im geeigneten Zeitpunkte einen der Ableitung entnommenen starken Wasserstrom richtete. So vollzog sich allmählig eine Waschung, vermittelt welcher alle erdigen Theile gegen den Wasserfall weggeführt wurden, so dass nur die schwereren Bestandtheile, wie Kiesel, Schotter und Sand, am Platze blieben, indem sie sich innig vermischten und eine unzusammendrückbare Masse bildeten.

Gleichzeitig wurde mittelst eines trocken gemauerten Steindeckwerkes der oberen Böschung eine Neigung 1 : 1,50 gegeben, während die untere Böschung an ihrem Fusse durch einen Grund aus groben Blöcken mit der Neigung 1 : 1,75 und mit 1 Meter breiten Bankets befestigt wurde; letztere wurden mit gepflasterten Rinnen behufs Abflusses des Regenwassers versehen.

Andrerseits war man darauf bedacht, das Durchdringen der Sickerungen durch die Aufschüttung zu verhüten und erbaute zu diesem Zwecke am Fusse des Steindeckwerkes, oberhalb desselben, einen kleinen Quergang von 1 Meter Breite auf 1,50 Meter Höhe, der auf die zur Handhabung der Hähne dienende Plattform mündete und zu beiden Seiten auf beiden Ufern anstieg, um sich dann wieder gegen die beiden Enden des Abschlusswerkes zu wenden und auf der unteren Böschungfläche der Aufschüttung wieder an's Tageslicht zu kommen.

Das Steindeckwerk wurde nacheinander bedeckt : mit einer 20 Centimeter hohen Betonschichte; mit einem 30 Centimeter dicken, trocken gemauerten, zur Aufnahme der Sickerungen dienenden Steindeckwerke, das auf dem Scheitel des eben erwähnten Querganges aufruhrt und mit demselben durch Abzugslöcher in Verbindung steht, deren Lage aussen bezeichnet ist; mit einer starken Betonverkleidung, deren von unten nach oben zunehmende Dicke an der Basis 1,60, am Scheitel 1,20 Meter beträgt; mit einer 2 Centimeter dicken Kappe aus Erdpech; endlich mit einem trocken gemauerten, 1 Meter dicken Steindeckwerke zum Schutz gegen den Frost.

Die Länge des Abschlusswerkes an der Kante beträgt 95 Meter; seine Dicke, die an der Basis 86 Meter beträgt, nimmt gegen den Scheitel bis auf 8,75 Meter ab. Dieser Scheitel liegt 29,50 Meter über dem Boden des Entleerungscanales und 19 Meter über der ehemaligen Schwelle. Die Kappe trägt eine 4 Meter breite Fahrstrasse mit Bankets ober- und unterhalb, welche 2 Meter oberhalb des Stauniveau's angelegt ist. Letzteres wird oberhalb am rechten Ufer durch einen 40 Meter langen Oberflächen-Ueberfall regulirt, dessen in den Granit gegrabener Abflusscanal, nachdem er unter der Zu-



fahrtsstrasse mittelst einer Brücke durchgegangen ist, in das Rinnsal unterhalb des Abschlusswerkes mündet.

*Verschiedene Daten.* — Die Arbeiten wurden ursprünglich an Unternehmer vergeben, man musste jedoch gleich zu Beginn hievon abgehen und sie in eigener Regie ausführen. Die Baukosten des Reservoirs beliefen sich auf 670 000 Fr.; jene der Zufahrtsstrasse auf 40 000 Fr.; mithin im Ganzen auf 710 000 Fr. Der Herstellungspreis der Kubikmeters effektiven Rauminhaltes beträgt somit ohne Einschluss der allgemeinen Kosten etwas weniger als 10 Centimes.

Die Einrichtung, die im Hinblick auf die Verhütung des Durchdringens der Sickerungen in die Aufschüttungsmasse gewählt wurde, war vom Erfolg gekrönt und ist seit Erbauung des Abschlusswerkes kein Abfluss auf der unteren Böschungfläche zu Tage getreten; im Quergange ist das Volumen des sich durch die Abflusslöcher ergiessenden, aus dem auf der oberen Böschungfläche angelegten Abzugscanale herrührenden Wassers in sehr bescheidenen Grenzen geblieben; es ist bedeutend geringer, als das Volumen jener Sickerungen, welche ziemlich reichlich aus dem am Ende des Entleerungsganges und des zur Handhabung der Hähne dienenden Ganges angelegten Cement Massive entweichen; es hat sich ergeben, dass die Summe beider Volumina 200 Liter per Minute, d. i. 3,33 Liter per Sekunde beträgt. Man hat mehrere Entleerungsröhren angebracht, um trotz vollständiger Oeffnung der Hähne den Abfluss je nach Bedarf abstufen zu können und so die mit einer theilweisen Oeffnung verbundenen Erschütterungen zu vermeiden; diese Einrichtung hat jedoch den doppelten Nachtheil, das Massiv oder den Zapfen des Verschlusses zu schwächen, und, der Festigkeit des Baues abträgliche, grosse Dimensionen für das Gewölbe des Handhabungsganges zu erfordern. Die Kappe aus Erdpech hat übrigens die in sie gesetzten Erwartungen nicht erfüllt und an jenen Punkten, wo sie behufs Vornahme von Ausbesserungen blossgelegt wurde, durch Schwülste einen Mangel an Adhäsion mit der von ihr bedeckten Betonschichte gezeigt.

### III. — BEMERKUNGEN

Die verschiedenen eben beschriebenen Reservoirs funktioniren trotz der Kritiken, welche einige von ihnen zuzulassen schienen, in der erspriesslichsten Weise und entsprechen in befriedigender Weise dem Zweck, um dessen willen sie angelegt wurden. Es scheint keine bedeutende Unterbrechung ihrer Thätigkeit stattgefunden zu haben, und ihre Unterhaltung hat bisher keine beträchtlichen Arbeiten erfordert. Dieser Erfolg ist zweifelsohne der wohlüberlegten Wahl der Plätze in hochgelegenen bewaldeten Gegenden zu danken, welche zu den ältesten Bodenschichten gehören; in



solchen Gegenden fällt reichlicher Regen, ein sehr grosser Theil der Niederschlagsmenge gelangt bis zum Thalweg und sichert dessen Speisung, die Undurchdringlichkeit des Untergrundes macht jeden unterirdischen Wasserverlust unmöglich, der nicht unterwühlbare und unzusammendrückbare Felsen bildet eine solide Grundlage für die Fundirungen ihrer Bauten, und endlich sind die von den Speisezuflüssen zugeführten festen Stoffe unbedeutend und setzen sie keiner raschen Verschlammung aus. Ein grosser Antheil an jenem Erfolge gebührt aber auch der wohldurchdachten Anlage der Bauwerke und ihrer sorgfältigen Ausführung. Von diesem Gesichtspunkte aus kann die Beschreibung der Reservoirs und die sie begleitenden Mittheilungen zu einigen interessanten Bemerkungen Anlass geben.

Es ist zunächst zu bemerken, dass keines der beschriebenen Reservoirs ein ausschliesslich aus Erde aufgeführtes Abschlusswerk besitzt (auch das von Lamy nicht wo die Stauhöhe nicht über 15,65 Meter, beträgt), sondern dass bei allen entweder eine gemischte Bauart (Erde und Mauerwerk) angewendet oder der ganze Bau aus Mauerwerk hergestellt wurde. Diese Thatsache stimmt zu der allgemein angenommenen Regel, die erstgenannte Bauart nicht anzuwenden, wenn die Stauhöhe mehr als 10 bis 15 Meter beträgt, weil in diesem Falle die Wellen eine zu starke Wirkung auf die obere Böschungfläche ausüben und die Sickerungen in der Aufschüttung zu gefährlich werden. Die vorstehenden Beispiele zeigen, wie schwierig es dann ist, die Sickerungen zu vermeiden, selbst wenn das Mauerwerk aus noch so gutem Material und mit noch so grosser Sorgfalt ausgeführt ist, und wie weise jene Regel ist.

Was die gemischte Bauart aus Erde und Mauerwerk betrifft, so bestand die Anwendung, welche von derselben unter nahezu gleichen Verhältnissen bei den Abschlusswerken von St-Ferréol und Couzon gemacht wurde, darin, den Bau in drei Theilen auszuführen, die zusammenwirken sollen, um dem Andrängen des Wassers zu widerstehen, deren jeder einzelne jedoch seine besondere Rolle spielen soll: in der Mitte als Schranke eine Mauer, deren Dicke zwar an sich nicht hinreicht, um dem Andrängen zu widerstehen, jedoch im Stande sein soll, die bis zu ihr gelangenden Sickerungen aufzuhalten; oberhalb eine Aufschüttung mit sanfter Böschung, die an der Reservoirseite durch eine Mauer gestützt wird und gegen die Centralmauer zu ziemlich tiefunter dem Stauniveau endet, um ihre Böschungfläche gegen die Wellen zu schützen; die ferner mit einer Thonschichte bedeckt ist und dazu dient, den Andrang des Wassers gegen den unteren Theil der Centralmauer zu beseitigen oder zu vermindern; endlich unterhalb eine stärkere Aufschüttung, die der Centralmauer als Stütze dienen soll, sich bis zum Scheitel derselben mit einer breiten Platform in diesem Niveau erhebt, und sich sodann sanft abfallend bis zu der sie beendigenden Stützmauer fortsetzt. Diese wenig gleichförmige Bauart hat die in sie gesetzten Erwartungen nicht vollständig erfüllt; die obere Aufschüttung wurde von starken Sickerungen durchsetzt, welche unter Druck bis zur Centralmauer gelangten und zum Theil durch



dieselbe hindurchgingen; die untere Aufschüttung war infolgedessen von Senkungen bedroht, deren Gefahr durch das Zutagetreten bedeutender Ausströmungen enthüllt wurde. Hieraus ergab sich die Nothwendigkeit sehr häufiger und sehr schwieriger Ausbesserungen. Im Reservoir von St-Fer-réal musste man darauf verzichten, sich der oberen Gänge behufs Regulirung der Abflüsse zu bedienen; im Couzon-Reservoir hat die Centralmauer nachgegeben und Risse bekommen. Aus diesen Erklärungen und Thatsachen scheint hervorzugehen, dass diese Bauart, deren Widerstandskraft keiner methodischen Bestimmung fähig ist, in Bezug auf die Festigkeit nicht vollständig jenen Anforderungen entspricht, die man an derartige Bauten stellen muss, und daher nicht als nachahmenswerthes Beispiel aufgestellt werden kann.

Das beim Reservoir von Oredon angewendete gemischte System lässt zwar gleichfalls keine methodische Berechnung des Widerstandes zu, ist jedoch rationeller und bietet weit mehr Garantien. Es vereinigt nämlich das Mauerwerk, das den Anprall der Wellen empfangen soll und hauptsächlich zur Verhütung des Eindringens der Sickerungen in den Körper des Mauerwerkes dient, an der oberen Böschungfläche. Die Sickerungen, welche durch diese Schutzhülle eindringen, und die trotz noch so sorgfältiger Ausführung derselben schwer zu vermeiden sind, werden sodann in einem Abzugscanale an der Böschungfläche aufgefangen, welcher infolge seiner trocken gemauerten Bauart keiner Gestaltveränderung unterliegt, und münden, mittelst am Fusse dieses Abzugscanales angebrachter Abzugslöcher in einem Quergange, der sie in den Entleerungs-Aquädukt zurückleitet, ohne dass es ihnen möglich wäre, in die Aufschüttung einzudringen. Letztere ist andererseits in der Wasserfluth gewaschen und von ihren erdigen Stoffen gereinigt worden, welche, indem sie Risse oder Spalten in der gemauerten Böschungfläche hervorrufen, die Zerstörung des Baues bewirken könnten. Die Gesammtheit dieser Einrichtungen ist geeignet, grosses Vertrauen einzuflößen, sie lässt jedoch manche Besorgnisse bestehen mit Bezug auf die Möglichkeit, dass die Aufschüttung, welche das Hauptelement des Widerstandes bildet, gefährlichen Sackungen ausgesetzt sein könnte, falls sie aufgeweicht würde, sei es infolge von Wolkenbrüchen, oder von Sickerungen, die aus den Felsspalten oder von einer Unterbrechung des Zusammenhanges längs des Sickerge-wölbes des Handhabungsganges herrühren. Von diesem Standpunkte aus wäre vielleicht ein ganz aus Mauerwerk hergestellter Bau, dessen Widerstandsfähigkeit hatte sicherer abgeschätzt werden können, und der wahrscheinlich nicht mehr gekostet hätte, vorzuziehen gewesen.

Mit Rücksicht auf die Verhältnisse der in Rede stehenden Reservoirs, welche einen nicht unterwühlbaren und unzusammendrückbaren Felsen als Grundlage für die Fundamente ihrer Bauwerke besitzen, hat in der letzten Zeit die Bauart der Abschlusswerke ganz aus Mauerwerk die Herrschaft gewonnen. In Spanien war dieses System bereits zu Ende des 16. Jahrhunderts zu Bewässerungszwecken angewendet worden (Abschlusswerk von



Alicante) und sind nach demselben einige durch ihre Höhe und Masse bemerkenswerthe Bauwerke aufgeführt worden. Auch in Frankreich hat man dasselbe, obgleich in weit bescheideneren Dimensionen (Abschlusswerke von Settons, Lampy, Bosméléac und Glomel) behufs Speisung der Canäle verwendet; das oben beschriebene Abschlusswerk von Lampy bildet eine dieser Anwendungen und es besitzt die Eigenthümlichkeit, dass es in der Nähe des Réservoirs von St-Ferréol und zur Ergänzung der Speisung desselben erbaut, Zeugnis ablegt von dem Aufgeben des bei letzterem angewendeten gemischten Systemes, dessen Nachtheile zweifellos die Erfahrung seit 1777 aufgedeckt hatte.

Erst anlässlich der Erbauung des Reservoirs von Gouffre d'Enfer wurde jedoch ein rationnelles Muster derartiger Bauten aufgestellt, welches ihnen den Namen « französische Abschlusswerke » verschafft hat, und hat sich seither die Anwendung desselben, welche gleichzeitig eine bedeutende Ersparnis an Baukosten und eine Erhöhung der Widerstandskraft des Mauerwerkes ermöglichte, in Frankreich und im Auslande rasch verbreitet. Die Beschreibung mehrerer solcher, in Südfrankreich gelegener Reservoirs hat ihre allgemeinen Einrichtungen kennen gelehrt; die Wiedergabe des bei dem Abschlusswerke von Chartrain angewendeten Profiles, in Verbindung mit den Erläuterungen, die zur Bestimmung desselben dienen, kann heute als der letzte Ausdruck dieses neuen Typus angesehen werden. Die hierbei verwendete Rechenmethode ergibt einen Maximaldruck von 10,29 Kilogr. per Quadrat-Centimeter auf die untere Böschungfläche; für die übrigen Reservoirs liefert die gleiche Methode Ergebnisse, die zwischen 9,40 Kilogr. beim Abschlusswerk von Gouffre d'Enfer und 12 Kilogr. bei dem mit seiner endgiltigen Stauhöhe versehenen Abschlusswerke des Ternay schwanken. Innerhalb dieser Grenzen kann ihre Festigkeit nicht in Zweifel gezogen werden, und haben sie übrigens den Beweis hiefür geliefert; man darf jedoch nicht vergessen, dass sie auf einen nicht unterwühlbaren, unzusammendrückbaren Boden fundirt sind; dass ihr Massiv so ziemlich homogen, der bei ihrer Erbauung verwendete Bruchstein, Sand und hydraulische Kalk von vorzüglicher Beschaffenheit ist, und dass endlich auf Ausführung ihres Mauerwerkes die grösste Sorgfalt verwendet wurde. Es sind dies zum Erfolge unentbehrliche Bedingungen, deren keine ohne Gefahr hintangesetzt werden könnte.

Von grosser Wichtigkeit ist es ferner, dass bei einer Anschwellung des Speisezuflusses das regelmässige Stauniveau nicht überstiegen werden könne, weil jede Erhebung über dieses Niveau sich in einer raschen Zunahme des auf das Mauerwerk ausgeübten Druckes kundgibt. Dem hat man in der Mehrzahl der Fälle dadurch abgeholfen, daes man oberhalb des Abschlusswerkes, an einem der Ufer einen genügend langen und mit einem sehr fest gebauten Abflusscanal versehenen Oberflächenüberfall angelegt hat, der entweder unter der auf der Kappe des Baues gewöhnlich angelegten Strasse durchgeht oder als Tunnel in einen Strebepfeiler des Ufers gebohrt ist, und das überschüssige Wasser nach abwärts entleert. Es ist dies eine ganz natürliche



nicht kostspielige Lösung, deren Anwendung bei den Reservoirien von Lampy und St-Ferréol wohl gerechtfertigt erscheinen dürfte.

Die Erhebung der Dammkappe über den normalen Spiegel der Stauung ist bei den beschriebenen Wasserbehältern sehr verschieden; am grössten ist sie beim Reservoir von Ternay, wo sie 2,65 Meter beträgt; beim Reservoir des Couzon beträgt sie nur 53, bei jenem von Lampy 55 Centimeter; beim Reservoir von Chartrain beträgt sie nominell 3 Meter, da die der Wasserversorgung von Roanne entsprechende obere Wasserfläche an diesem Niveau festgesetzt ist; sie soll jedoch nur durch die Handhabung eines Schützen erzielt werden, und der sogenannte Sicherheits-Überfall ist nur 1 Meter unterhalb der Kappe abgeglichen. Die letztangegebenen Höhen scheinen zu gering zu sein, und dürfte es sich, schon um die Gefährdung der Strassenbrüstung durch die Wellen zu verhüten, empfehlen, eine Minimalhöhe von 1 Meter festzusetzen, mit dem Vorbehalte einer Vermehrung derselben mit Rücksicht auf die Ausdehnung und Tiefe des Reservoirs.

Die Entleerungsröhren und-Hähne wurden im Allgemeinen in unteren Gängen angelegt, welche bald im eigentlichen Körper des Abschlusswerkes angebracht, bald als Tunnel durch einen der Strebepfeiler des Thales gebohrt wurden. Letzteres System verdient den Vorzug, wenn es mit Rücksicht auf die räumlichen Verhältnisse leicht ausführbar erscheint; wählt man das erstere, so ist es von Wichtigkeit, die nöthigen Vorsichtsmassregeln zu treffen, um zu verhüten, dass die Widerstandskraft des Baues geschwächt werde, wie dies insbesondere bei den Reservoirien von Ternay und Chartrain geschehen ist. Bei letzterem hat man den Entleerungsgang ganz beseitigt, und ist zu befürchten, dass man in Zukunft, wenn sich eine Ausbesserung an den Röhren als nothwendig herausstellt, sich in grosser Verlegenheit befinden wird. Es scheint daher gerathener, das System der Entleerungsgänge beizubehalten, doch ist es, um denselben nicht eine zu grosse Ausdehnung geben zu müssen, von Vortheil, die Zahl der Röhren zu vermindern, indem man ihnen einen grösseren Durchmesser gibt. Das Doppelsystem von Hähnen, welche zum Theil am Austritt des Verschlusszapfens, zum Theil gegen das Ende zu angebracht sind, erleichtert die Handhabung sowie die Ausbesserungen, und vermindert die Erschütterungen, die sich vollziehen, wenn ein Hahn nur theilweise geöffnet ist.

Unter Vorbehalt dieser Bemerkungen kann man sagen, dass, wenn man hohe, bis 50 Meter Höhe erreichende Stauungen zu projektiren hat und über einen nicht unterwühlbaren, zusammendrückbaren Fundirungsboden verfügt, die Frage durch Anwendung des neuen Typus von gemauerten Abschlusswerken sicher und billig gelöst werden kann. Die durch die Erfahrung bewährte Festigkeit der in solcher Weise angelegten Bauwerke ist ein genügender Beweis hiefür. Man muss sich jedoch fragen, ob die Erfahrung eine vollständige ist, und ob die Sickerungen, die stets, in grösserer oder geringerer Menge auf der unteren Böschungfläche aller dieser Bauten vorgekommen sind und daselbst Kalkanflüge erzeugt haben, nicht das Anzeichen



einer Gefahr für die Zukunft bilden, einer Gefahr, die besonders bedrohlich für jene Reservoirs ist, die in den ältesten Bodenschichten angelegt sind, wo das gesammelte Wasser beinahe chemisch rein ist und daher eine grosse zersetzende Kraft besitzt. Der Ingenieur kann diese Bildungen nicht mit dem Auge des Generals Andreossi betrachten, der entzückt ist von dem Gegensatze, den das weisse Aussehen des Abschlusswerkes von Lampy mitten in dem ländlichen Thale bewirkt; er muss nach den Mitteln suchen, um die sich hierin offenbarende Verminderung des Mörtels zu verhindern oder wenigstens zu verlangsamen, welche letztere bei längerem Fortbestande verhängnisvolle Folgen nach sich ziehen könnte.

In seinen, in den Annales des ponts et chaussées von 1890 erschienenen, interessanten Untersuchungen über den hydraulischen Mörtel constatirt Chef-Ingenieur Alexandre, dass ein solcher Mörtel, wenn er, wie dies in den hier in Rede stehenden Fällen gewöhnlich geschieht, mit grobem Sand ange-macht und einer constanten Wasserlast von 50 Centimeter ausgesetzt wird, in den ersten Zeiten von reichlichen Sickerungen durchsetzt, nach Ablauf weniger Monate jedoch undurchdringlich wird. Leider darf man hieraus nicht schliessen, dass das Gleiche der Fall sei, wenn die Wasserlast, wie hier, 30 bis 50 Meter beträgt und wenn man sieht, wie unter ihrem Drucke das Wasser nicht nur durch den Mörtel und die Cementüberzüge, sondern selbst durch die Bruchsteine des Mauerwerkes sickert. In Lampy ist es durch Verdünnung des Kalkes und mittelst sorgfältiger Verstreichung der Fugen der oberen Böschungfläche mit Cement gelungen, die Sickerungen beinahe vollständig zu beseitigen. Am Ternay wurde eine ähnliche Verstreichung gleich zu Beginn vorgenommen und später durch einen starken Cementüberzug auf der ganzen oberen Böschungfläche ergänzt; die Sickerungen haben daselbst allerdings an Bedeutung abgenommen, sind aber dennoch hinreichend geblieben, um 20 Jahre nach der Inbetriebsetzung des Reservoirs die Anflugschichte an den Theilen der unteren Böschungfläche, wo die erstere entfernt worden war, wieder zu erneuern. Die bei der Mörtelerzeugung verwendete grosse Menge Kalkes, welche insbesondere beim Abschlusswerke am Ternay 400 kilogr, und bei jenem von Gouffre-d'Enfer 375 kilogr. per Kubikmeter betrug, bietet allerdings ernsthaftige Garantien und lässt die Annahme zu, dass der Mörtel dieser Bauten trotz seines Kalkverlustes seine wesentlichen Vorzüge behalten habe; es ist aber nichtsdestoweniger nothwendig, auf wirksame Maassnahmen bedacht zu sein, um seine fortdauernde Verschlechterung zu verhüten. Die Ingenieure, welche damit betraut sind, über die Erhaltung dieser wichtigen Bauten zu wachen, werden sich jenen Gegenstand besonders angelegen sein lassen müssen.

Ihrem Geiste müssen, mag es sich um die Errichtung oder Unterhaltung solcher Bauten handeln, stets die schrecklichen Folgen eines Einsturzes derselben vorschweben, wie dieselben durch die Unglücksfälle bezeugt sind, welche die Dammbrüche von Puentès, Bradfield, Tabia und Habra im Gefolge hatten. Mit Recht hat einer unserer hervorragendsten Ingenieure, Krantz, in



seiner Studie über die Reservoirmauern gesagt : « Angesichts solcher Möglichkeiten darf der Ingenieur nicht einen Beweis von Kühnheit geben oder der Bevölkerung das Unterpfand einer zur Wiedergutmachung so grosser Katastrophen unzulänglichen Verantwortlichkeit anbieten wollen.

« Mag sie auch noch so wenig zur Verwegenheit hinneigen, so wird doch in einem solchen Falle die Kühnheit beinahe unmoralisch. Man muss sie streng ächten und sich dem Grundsatz einer ängstlichen Vorsicht unterwerfen. »

Der gleiche Grundsatz der Vorsicht drängt sich bei der Frage der Unterhaltung der bestehenden Bauten auf, und die Gefahr einer fortschreitenden Verschlechterung des Mörtels unter der langsamen Einwirkung der Sickerungen, auf welche die gewichtige Stimme des General-Inspectors Guillemain in seinem Coursus der Binnenschifffahrt aufmerksam gemacht hat, scheint uns der regen Aufmerksamkeit jener Ingenieure würdig zu sein, denen die Unterhaltung dieser Bauten anvertraut wurde.

Paris, am 15. Februar 1892.

(FLAISSIÈRE, beeidigter Uebersetzer, Paris.)

---



---

24 940. — PARIS. — IMPRIMERIE LAHURE  
9, rue de Fleurus.

---



