Die Bogen-Staumauer von Montejaque

Autor(en): **Wegenstein, M.E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **85/86 (1925)**

Heft 13

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-40094

Nutzungsbedingungen

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

Haftungsausschluss

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

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

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Die Bogenstaumauer von Montejaque. — Die Brücke in Villeneuve-sur-Lot, nebst Betrachtungen zum Gewölbebau. — Zum Wettbewerb für die Ausgestaltung des Münsterplatzes in Ulm. — Die Eisenbahnschiene mit sorbitischer Oberfläche. — Les turbines de l'Usine de Tourtemagne. — Miscellanea: Deutsche Grossgüterwagen. — Der III. Internationale Strassenbahn- und Kleinbahn-Kongress. Verein deutscher Ingenieure. Durchschlag des 21 km langen Florence-Lake-Stollens. Neuerungen an den Londoner Motoromnibussen. Eidgenössische Technische Hochschule. Neue Güterzug-Lokomotiven für die Schweizer Bundesbahnen. Die Eisenerzförderung in den Vereinigten Staaten im Jahre 1924. — Nekrologie: Erneste Combe. Arthur Uehlinger. — Konkurrenzen: Neues Aufnahmegebäude Genf-Cornavin. Ausgestaltung der Seeufer der Stadt Zürich und ihrer Vororte. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizer. Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 85. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 13

Die Bogen-Staumauer von Montejaque.

Von Dipl. Ing. M. E. WEGENSTEIN, Zürich.

Am 15. Juni 1924 ist im südlichsten Zipfel der iberischen Halbinsel, in einer wilden Gebirgschlucht von Hochandalusien die gegenwärtig höchste Bogen-Staumauer Europas vollendet worden, die, was Schlankheit des Querschnittes und Kühnheit der Ausführung anbelangt, auch von keiner der im nordamerikanischen Westen und in New South Wales ausgeführten Gewölbesperren übertroffen wird. Das Projekt für die gesamte Anlage von Montejaque stammt aus dem Ingenieurbureau H. E. Gruner in Basel, das auch die örtliche Bauleitung besorgte.

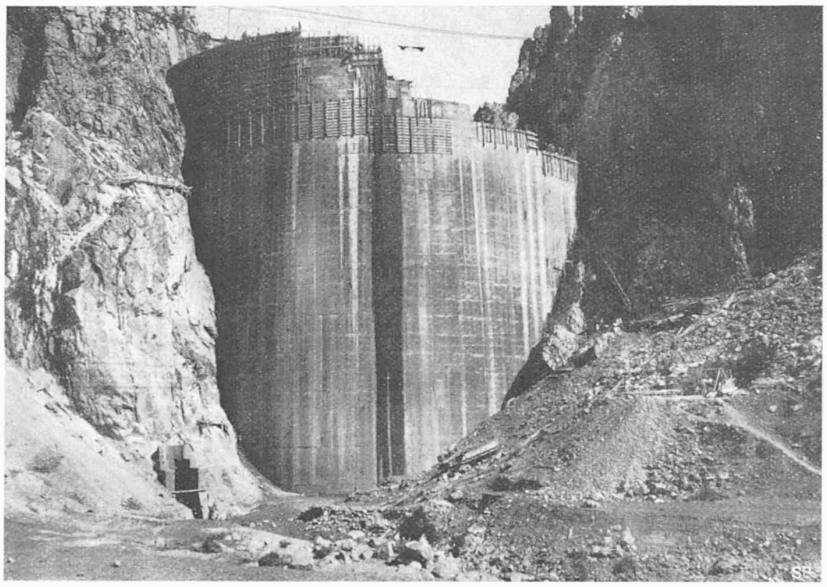


Abb. 1. Wasserseitige Ansicht, Gesamthöhe 83 m; links Umlaufstollen (25. Mai 1924).

Spanien steht zwar im Vergleich zu andern Ländern in der Ausnützung seiner Wasserkräfte noch weit zurück. Erst fremde Initiative und überseeisches Kapital führten anfangs des vergangenen Jahrzehntes zum Bau der drei grossen und bekannten Wasserkraftanlagen von Camarasa (88 000 PS), Tremp (60 000 PS) und Seros (60 000 PS) im nördlichen Teil des Landes. [1]) Ungefähr in die gleiche Zeit fällt der Bau der ersten grössern Kraftanlage im Süden. Es ist das die Zentrale von Corchado, die von spanischen Ingenieuren erbaut, das Wasser des Guadiaro ausnützt, eines Flusses, der in der Sierra de Ronda auf 2000 m ü. M. entspringt und wenig östlich Gibraltar ins Mittelländische Meer mündet. Diese Anlage, die in der Ausführung des wasserbaulichen Teils verschiedene Mängel aufwies, wurde im Anfange des Weltkrieges von der „Compañia Sevillana de Electricidad" käuflich übernommen. In dieser Gesellschaft mit Sitz in Sevilla arbeiten spanische und schweizerische Ingenieure mit Hilfe von spanischem und schweizerischem Kapital an der Versorgung des Landes mit elektrischer Energie von Huelva bis Malaga, von der Sierra de la Morena über Sevilla bis Algeciras und Gibraltar. Die „Sevillana" schuf nun aus dem Kraftwerk Corchado durch Ausführung zweckmässiger Sicherungsarbeiten an Wasserfassung und Zuleitung eine zuverlässige Anlage von rund 7000 PS ausgebauter Leistung. [2]) Noch während des Krieges wurde von der selben Gesellschaft die flussaufwärts gelegene Anlage von Buitreras erstellt, die für etwa 6000 PS ausgebaut ist. Diese beiden Kraftwerke mit ihren Einzugsgebieten liegen im Lauf der südlichsten Gebirgsrippe unseres Kontinentes, jener Rippe, die sich von den Apeninen über die Balearischen Inseln durch den Südrand des spanischen Festlandes verfolgen lässt und die dann bei der Meerenge von Gibraltar plötzlich beinahe rechtwinklig umbiegt, um im afrikanischen Atlasgebirge ihre Fortsetzung zu finden. Diese Biegungsstelle macht sich nun durch grosse tektonische Klüfte und Risse bemerkbar. Die bis zu 2000 m hohen Berge dieser Gegend, über die nie eine Gletscherzeit gegangen ist, ragen kahl und vegetationslos aus den Niederungen; irgendwelche Lehmlager oder Schotterterassen, die sonst in der Wasserwirtschaft eine wichtige ausgleichende Rolle spielen, fehlen. Des weitern sind die Niederschlagsverhältnisse dieser Gegend sehr extreme und zeichnen sich durch eine ausgesprochene Regenzeit während der Wintermonate aus. Es kommt dann nicht selten vor, dass die täglichen Regenhöhen 200 mm übersteigen und die ausserordentlich hohen, gemessenen jährlichen Regenmengen von 3000 bis 3500 mm sind daher leicht erklärlich.

Diese meteorologischen und geologischen Verhältnisse haben auf die Wasserführung des Guadiaro, an dessen Lauf die beiden Zentralen Corchado und Buitreras liegen, den denkbar ungünstigsten Einfluss. Während die Winter-Hochwasser des Flusses 600 m³/sek erreichen können, geht die Wassermenge im Sommer bis auf minimal 800 l/sek zurück. Trotzdem schon vor einigen Jahren die beiden Wehre von Corchado und Buitreras um 1 bis 2 m erhöht worden sind, und nun zwei kleine Sammelweiher von zusammen etwas über 50 000 m³ Inhalt bilden, gehen während der Regenzeit noch immer wertvolle Wassermassen verloren, die im Sommer fehlen. Der Wunsch nach Schaffung eines Jahresausgleiches machte sich daher bei dem stets wachsenden Strombedarf der „Sevillana" immer fühlbarer. Dazu bot das Tal des Rio Gaduares eine günstige Gelegenheit. Der Gaduares, ein Seitenfluss des Guadiaro kommt aus der regenreichen Gegend der Ostabhänge des San Cristobal (1560 m ü. M.) und der Sierra del Libar. Er hat ein Einzugsgebiet von 45 km², das durch die Zuleitung einiger Seitenbäche noch um etwa 12 km² vergrössert werden kann, und durchfliesst ein weites und fruchtbares Tal, dessen Untergrund aus lehmartigen Alluvien, Flysch, Oligocaenem Sandstein, Neocom und schliesslich oberm Jura gebildet ist. Nach etwa 8 km langem Lauf verlässt der Fluss das breite Tal, um sich in eine enge und steile Schlucht zu zwängen, die dann in eine Höhle, die „Cueva del Hundidero" übergeht. In dieser Höhle verschwindet der Fluss vollständig, um nach 3 km unterirdischem Laufe aus der „Cueva del Gato" (Katzenhöhle) wieder ans Tageslicht zu treten und als wichtigster Seitenfluss oberhalb Corchado und Buitreras in den Guadiaro zu münden.

Diese Kluft ist eine der tektonischen Spalten, auf die eingangs hingewiesen wurde, und die Ingenieure sahen

[1]) Vgl. Tremp in Bd. 69, S. 151 ff. (April/Mai 1917), Seros in Bd. 70, S. 221 ff. (Nov./Dez. 1917). Red.

[2]) Siehe „S. B. Z." Band 77, S. 257 ff. (Juni 1923). Red.

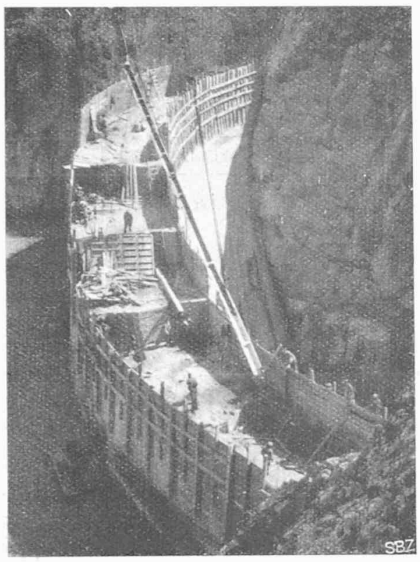


Abb. 4. Bauzustand bei Beginn des IV. Installationstadiums (vergl. Abb. 9).

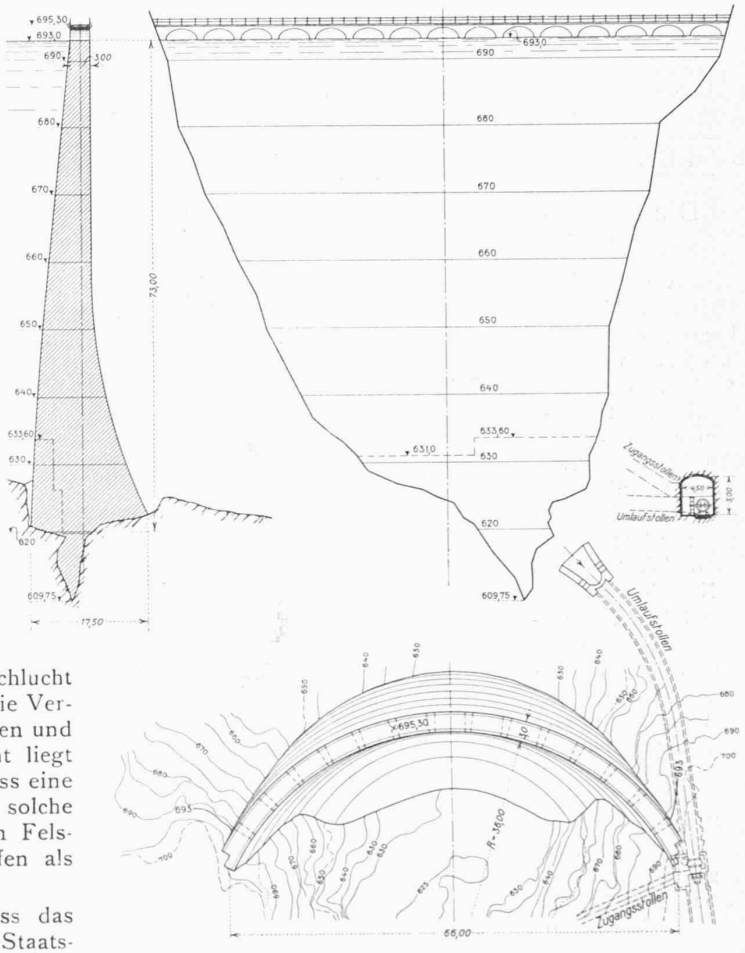


Abb. 2. Draufsicht, luftseitige (abgewickelte) Ansicht und Schnitt, 1 : 1000.

sich vor die doppelte Aufgabe gestellt, einerseits die Schlucht möglichst wirtschaftlich abzuschliessen, anderseits die Verwerfungsspalten im Gebiet des Staubeckens zu finden und sachgemäss zu dichten. Der Eingang zur Schlucht liegt ganz im harten Kalkstein des Titonique, hat am Fuss eine Breite von 30 m, und noch 70 m über Flussohle eine solche von nur 60 m. Diese teilweise senkrechten, kahlen Felshänge der engen Schlucht waren also wie geschaffen als Widerlager für eine Bogenstaumauer (Abb. 1 bis 3).

Trotz diesen günstigen Vorbedingungen stiess das Projekt einer Bogenstaumauer bei den spanischen Staats-Ingenieuren, die es zu prüfen hatten, anfänglich auf ein gewisses Misstrauen. Da aber durch sorgfältige Berechnungen die Form des Mauerkörpers als theoretisch richtig nachgewiesen werden konnte und wenige Jahre zuvor von dem gleichen Ingenieurbureau eine ähnliche Konstruktion in der Schweiz an der Jogne [1]) erstellt worden war, gelang es, für spanische Verhältnisse rasch, die Bewilligung für den Bau zu erhalten.

Hand in Hand mit dem Aushub für die Mauer ging die Ausführung eines Umlaufstollens von 110 m Länge. Des weitern sind im Projekt vorgesehen und teilweise schon in der Ausführung begriffen: Ein 2 1/2 km langer Druckstollen mit Wasserfassung und senkrechtem, 30 m hohem Entnahmeschacht, Wasserschloss und Druckleitung zur Zentrale im Tal des Guadiaro, wo das Wasser bei einem Gefälle von 230 m in drei Turbinen von zusammen 25 000 PS ausgenützt werden wird. Ferner musste ein durch das Staugebiet führender Weg durch eine, zum grossen Teil in den Felsen eingesprengte Strasse ersetzt werden, die nach dem andalusischen Bergdörfchen von Montejaque führt, das der ganzen Anlage den Namen gegeben hat.

Die Staumauer ist das wichtigste Objekt der Anlage. Sie hat, von Gründungssohle bis zur Krone gemessen eine Höhe von 83,25 m (Nutzhöhe über Flussohle rd. 72 m) eine abgewickelte Kronenlänge von 82 m und eine maximale Mauerstärke auf Talsohle von nur 17,5 m (Abbildung 2). Diese Stärke verringert sich durch beidseitigen Anzug zu der Kronenbreite von 3 m. Mit Rücksicht auf den gewaltigen Wasserdruck, dem der Mauerkörper in den untersten Teilen zu widerstehen hat, wurde der entsprechende Krümmungsradius so klein als möglich gewählt. Er beträgt auf Sohlenhöhe (mittlerer Radius) 22,0 m, um sich mit wachsender Mauerhöhe nach und nach zu vergrössern; der mittlere Krümmungsradius der Mauerkrone ist 37,5 m. Der ganze Mauerkörper ist gegossen worden und enthält rund 27 000 m³ Beton. Die Talsperre bildet aber einen See von etwa 42 Mill. m³ Fassungsvermögen, sodass der Faktor: Aufgespeichertes Wasservolumen zu Mauerkubatur = 1550 ausserordentlich günstig ausfällt (Barrage de la Jogne 450, Staumauer im Schräh 610). Nach kurzem Versuch verzichtete man auf das Einlegen von grösseren Steinen und Felsblöcken in den Beton, die von Arbeitern auf Tragbahren von Hand herbeigebracht werden mussten. Die damit erzielte Ersparnis an Beton war im Verhältnis zum Aufwand an Arbeit viel zu gering. Es zeigte sich auch hier, dass die Verwendung von sog. „Plums" nur dann wirtschaftlich ist, wenn mittels einer eigens zu dem Zwecke errichteten Installation (Luftseilbahn oder Derrick) Felsblöcke von 1/2 bis 1 1/2 m³ Grösse mechanisch eingebracht werden können.

Die Baumaschinen, die in Montejaque zur Verwendung kamen, sind grösstenteils nordamerikanischen Ursprunges; sie haben sich hier gut bewährt (Abbildungen 4 bis 9). Für die Gewinnung des Betonballastes wurde ein Steinbruch eröffnet, denn alles Material musste gebrochen werden. Eine einzige, sorgfältig angelegte und gut verdämmte Minenkammer löste in einem Schuss rund 5000 m³ Felsen und erschütterte die dadurch angebrochene Felswand in dem Grade, dass zur Gewinnung des weiter benötigten Materials das terassenweise Vorgehen mit zweimännigen Druckluft-hämmern genügte. Der Transport aus dem Steinbruch zur Brecheranlage geschah teilweise in 3/4 m³-Mulden-Kippwagen auf leicht geneigter Bahn von 60 cm Spurweite; aus den tiefer gelegenen Teilen des Steinbruches wurden die Blöcke in grossen. 2 bis 3 m³ fassenden Eisenkesseln von einem Derrick mit 22 m Aktionsradius gehoben und direkt in den Steinbrecher entleert (Abb. 8 bis 10, S. 169). Von einem Paternosteraufzug gehoben, kam das gebrochene Material

[1]) Vergl. Jogne-Mauer „S. B. Z." vom 8. März 1919, 16. Oktober 1920 und 18. Juni 1921. Red.

VOM BAU DER BOGEN-STAUMAUER VON MONTEJAQUE

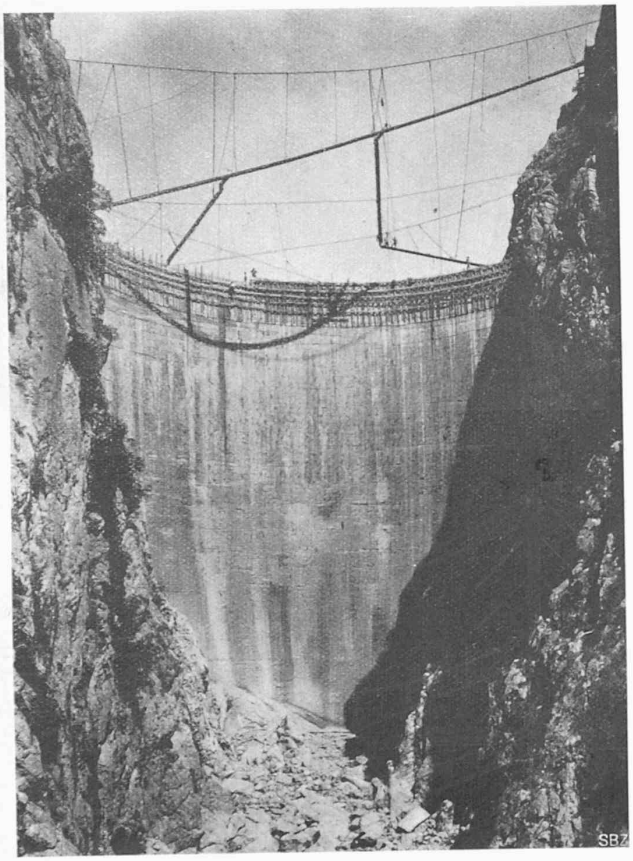


Abb. 3 Luftseitige Ansicht, Bauzustand am 10. Mai 1925.

in eine Sortiertrommel, von der es direkt in die Sand- und Kies-Silos verteilt wurde. Um die feinen Teile des Ballastes in der nötigen Menge zu erhalten, gelangte ein gewisser Prozentsatz des Kieses auf einem Förderband in eine Sandmühle, um dort weiter zerkleinert zu werden. Die ganze Anlage lieferte 250 bis 300 m³ gebrochenen und richtig abgestuften Betonballast pro 22 stündigen Arbeitstag. Kies und Sand wurden dann auf einem etwa 200 m langen doppelten Rollbahngeleise mit 1,5 % Gefälle zu einer andern Gruppe von Silos transportiert, die mit der Mischer-Anlage zusammengebaut waren (Abb. 9 u. 10).

Aller für den Bau der Mauer verwendete Portland-Zement wurde von den Asland-Werken in der Nähe von Barcelona geliefert und kam auf Küstendampfern nach Malaga, von wo er auf der Bahn nach der Station der „Ferrocariles Andaluces" von Montejaque befördert wurde. Von dieser Station geschah der Transport des Zementes zum Bauplatz mittels vier Motorlastwagen von je 5 t Tragkraft unter Benützung der Staats-Strasse von Ronda nach Jerez für etwa 5 km bis zu dem Punkte, wo eine neu erstellte Fahrstrasse von 4 km Länge, 4,50 m Breite und 8 % maximaler Steigung nach der Baustelle abzweigt. Die eigentlichen Betonier-Arbeiten und somit auch der Grossteil der Zement-Transporte fielen in die Monate September bis März, also in die eigentliche Regenzeit des Jahres. Die bisweilen sintflutartigen Niederschläge setzten dann die Strassen in Zustände, die ein Passieren der schweren Camions oft tagelang verunmöglichten. Hier kamen nun der Unternehmung die Nachkommen des berühmten Esels Sancho Panchas zu Hülfe, diese für Südspanien typischen langohrigen Vierbeiner, die sämtliche Transportfragen des Lokalverkehrs in Andalusien lösen helfen müssen. Wir hatten während mehrerer Monate 150 bis 200 solcher Esel in den Dienst des modernen Staumauerbaues gestellt. Mit 3 bis 4 Zement-Säcken beladen, transportierten sie in zwei Reisen pro Tag eine durchschnittliche Tagesmenge von 1000 Säcken auf den steinigen, alten Saumpfaden sicher zur Baustelle.

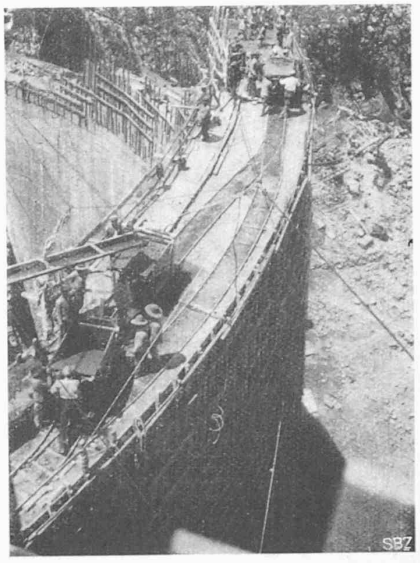


Abb. 5. Bauzustand am 28. Mai 1924, Mauer im Vordergrund auf Kote 693,0.

Die Betonieranlage bestand aus einer 750 l fassenden amerikanischen Misch-Maschine und zwei Betonmischern schweizerischer Herkunft zu je 500 l, die unmittelbar nebeneinander installiert waren. Ein normaler Betonierbetrieb für die Staumauer benötigte nur zwei dieser Misch-Maschinen, während die dritte als Reserve und zur Ausführung der Betonverkleidung von Wasserfassung und Zulaufstollen diente. Diese drei Betonmischer entleerten sich in einen gemeinsamen Behälter, von dem aus der zähflüssige Beton in einem dem Gelände angepassten Holzkanal mit Blechverkleidung und einem Gefälle von $1:2^1/_2$ zum Behälter beim Betonturm hinunterfloss. Dieser beim Bau der Montejaque-Mauer zum Heben des Beton verwendete Aufzug-Turm ist meines Wissens die bisher höchste derartige in Holz ausgeführte Konstruktion. Bei einer quadratischen Grundfläche von 2,40 m Seitenlänge erreichte der Turm während der letzten Installationsperiode eine Gesamthöhe von 73,5 m. Die vier 20 × 20 cm Eckpfosten wurden alle 4,66 m unter Verwendung verbolzter Eisenlaschen stumpf gestossen. Horizontale und doppelte Diagonal-Verstrebungen gaben der Konstruktion die nötige Steifigkeit, während der Turm bei jedem fünften Stockwerk (11,65 m) durch vier, genau diagonal verlegte und in den Fels verankerte 25 mm Kabel gehalten wurde. Der Turm war mit einem Betonaufzug von $1^1/_2$ m³ Fassungsvermögen ausgerüstet, der von einer Seilwinde mit 75 PS Motor bedient wurde; die durchschnittliche Fördergeschwindigkeit des steigenden Aufzuges betrug 70 cm/sek. Vom Turm spannte sich ein erstes Tragkabel zur linksseitigen Felswand der Schlucht, von wo aus ein zweites Kabel von etwa 90 m Länge über die Schlucht selbst gespannt wurde. Diese Tragkabel hatten einen Durchmesser von 40 mm und waren an 6 bis 8, in den gesunden Fels etwa metertief eingelassenen und einbetonnierten Eisenhaken sicher verankert. An den Tragkabeln waren mit Hilfe von sekundären 12 mm Kabeln die Beton-Kanäle aufgehängt, die mittels Seilflaschenzügen höher oder tiefer gesetzt werden konnten. Die Verteilung des Beton auf der Mauer erfolgte durch drehbare Kniestücke und an diese angesetzte kurze Kanaleinheiten von 3 m Länge. Die ganze Disposition der Schütt-Installation erfolgte nach System „Lakewood"; Kanäle, Beton-Aufzug und Zubehör wurden von New-York nach Malaga, dem der Baustelle am nächsten gelegenen Mittelmeerhafen verfrachtet. Für die äusserst gefährliche und anstrengende Arbeit des Spannens der Tragkabel, Befestigen der Hängeseile, Aufziehen, Schwenken und Auswechseln der Kanäle standen dem Unternehmer ein halbes Dutzend katalanischer Vorarbeiter zur Verfügung, die ihre Erfahrungen in diesen Arbeiten auf den grossen Bauplätzen der selben Firma in Barcelona schon gemacht hatten.

Der Beton wurde in einer Mischung von 500 l Sand auf 800 l Kies bei einer mittleren Zement-Dosierung von

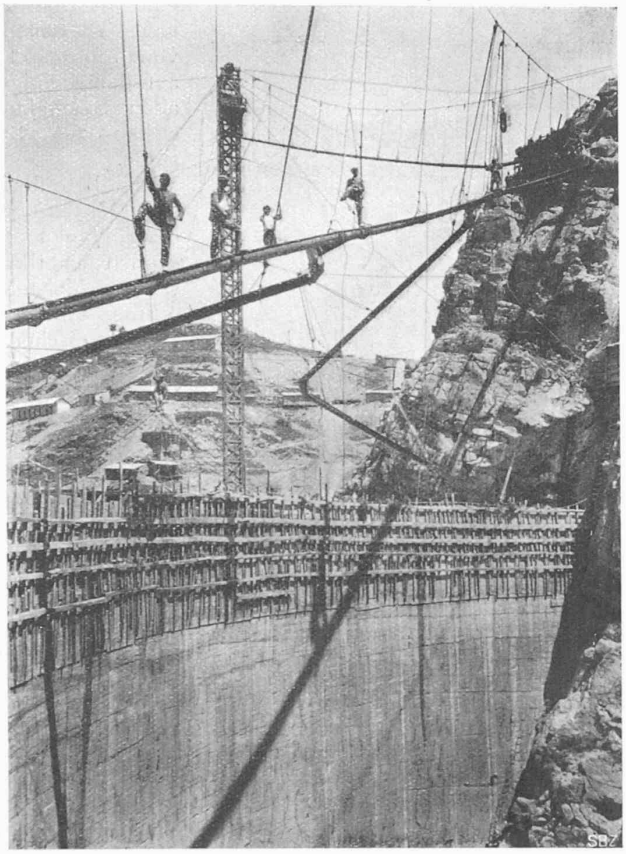


Abb. 6. Betonier-Rinnensystem, Bauzustand am 10. Mai 1924.

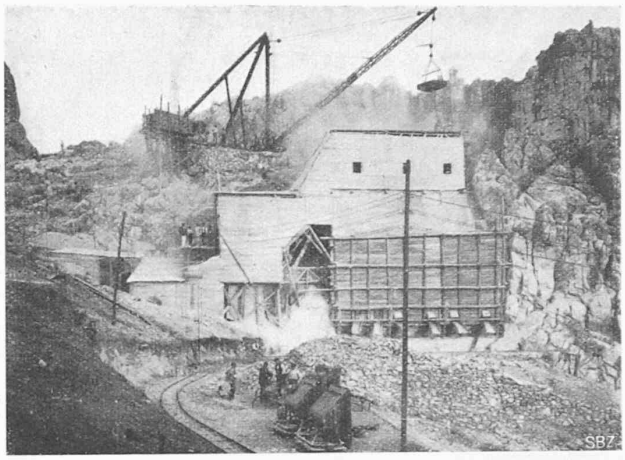
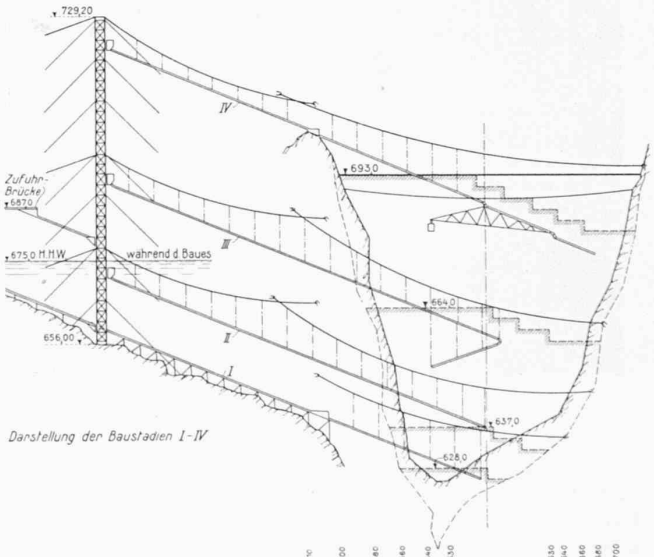


Abb. 10. Steinbrecher-Anlage mit 1. Silogruppe. 21. Januar 1924.



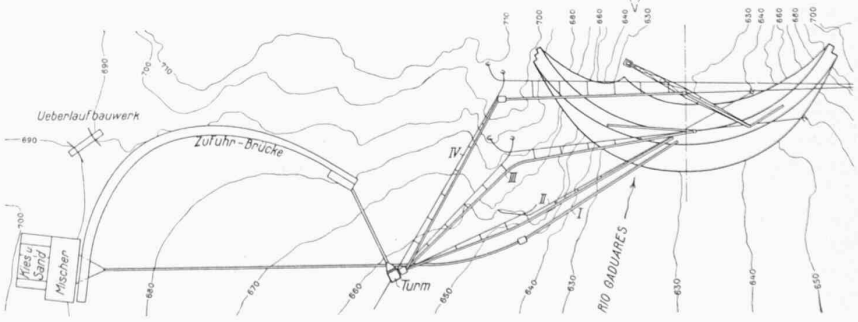


Abb. 9. Installationsplan der Betonieranlage für die Baustadien I bis IV. — Masstab 1 : 1500.

230 kg/m³ hergestellt. Diese Mischung wurde von den Organen der Bauleitung in regelmässigen Zwischenräumen so oft als tunlich kontrolliert, wobei man sich namentlich auf die Untersuchungen von Abrams (Nordamerika) stützte. An Hand zahlreicher granulometrischer Untersuchungen des in den verschiedenen Bauperioden von der Steinbrecheranlage gelieferten Materiales, wurde sowohl der Feinheitsmodul des Kieses, wie der des Sandes bestimmt. Die Zusammensetzung wurde dann so gewählt, dass der Feinheitsmodul des gemischten Ballastes, dem für den betreffenden Fall nach Abrams gerechneten, günstigen Feinheitsmodul möglichst entsprach.

Ebenso wichtig wie diese Bestimmung des besten Mischungsverhältnisses, war die Frage des günstigsten Wasserzusatzes. Dieser schwankte im Lauf des Baues zwischen 8 und 10 Gewichtprozenten. Während bei mehr als 10 % Wasserzugabe der Beton zu flüssig an seinen Bestimmungsort kam, was einerseits für die Sicherheit der Schalung gefährlich war, anderseits die Qualität des Beton stark beeinträchtigte, nahm bei einer Verminderung der Wassermenge unter 8 % die Fliessfähigkeit des Beton derart ab, dass sich die Masse in den Kanälen staute und teilweise überfloss. Die beste Verarbeitbarkeit des Beton — normale Sand- und Kiesmischung vorausgesetzt — ergab sich bei einem Wasserzusatz von etwa 9 %. Der Beton floss dann ruhig und gleichmässig in den Kanälen, ohne abzureissen oder Stauungen zu bilden und die mit seiner Verteilung auf der Mauer beschäftigten, mit Gummistiefeln ausgerüsteten Arbeiter sanken kaum über die Knöchel in die zähe Masse ein. Unter diesen Voraussetzungen und bei einem maximalen Korndurchmesser des Kieses von 7 cm konnten die Kanäle bis zu einer Neigung von 18° (32 ½ %) ausgenützt werden. Der Einfluss der Ballastzusammensetzung selbst auf die Fliessfähigkeit des Beton zeigte sich in folgendem: Gleiche Neigung und Beschaffenheit vorausgesetzt, verminderte ein Zuwachs an grobem Material die Fliessfähigkeit, während eine Zunahme der feinen Bestandteile, also auch eine stärkere Zement-Dosierung, diese günstig beeinflusste.

Das Bauprogramm sah für den Bau der Mauer vier Installations-Stadien vor (Abb. 9). Der Beton für den untersten Teil der Mauer konnte direkt, ohne Zuhilfenahme des Turmes geschüttet werden (I). Dann wurde zuerst ein Turm von 21 m Höhe erstellt, der später auf 42 m erhöht und schliesslich beim letzten Installationswechsel auf seine endgültige Höhe von 73,5 m aufgebaut wurde (IV). Von den Mischern durchfloss der Beton den 70 m langen, auf den gewachsenen Boden abgestützten Kanal bis zum Behälter am Fuss des Turmes. Dann wurde er im Aufzug gehoben, in einen am Turm aussen aufgehängten Trichter entleert

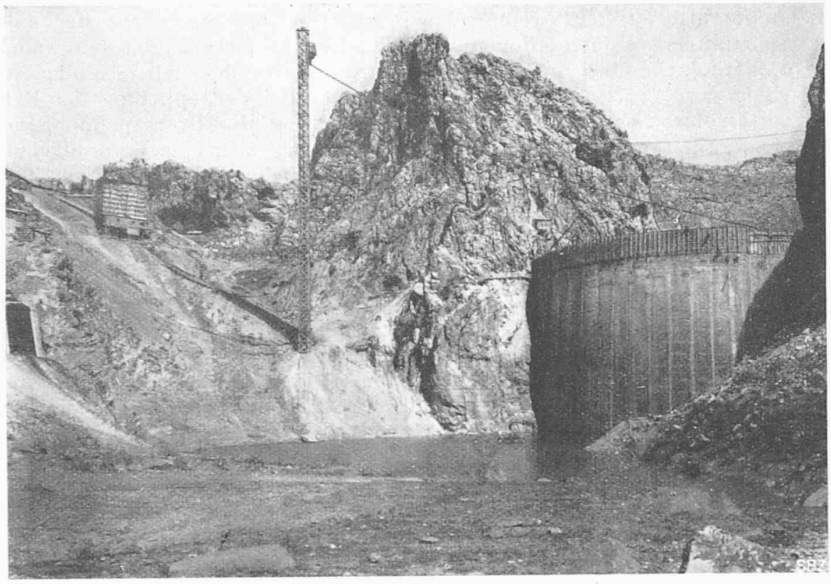


Abb. 8. Gesamtbild am 10. Mai 1924. Am Bildrand links der Druckstollen-Einlauf.

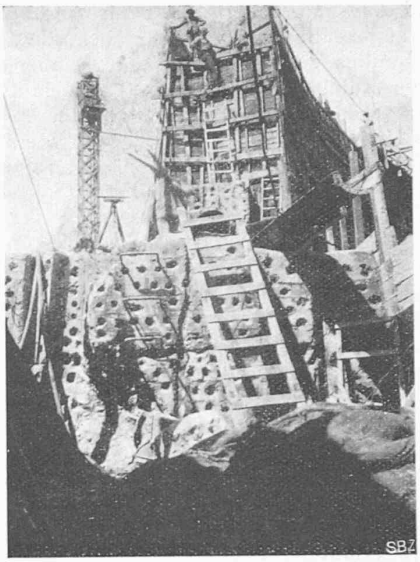


Abb. 7. Bearbeitung der Kontaktflächen.

und kam von dort in die zweite, etwa 100 m lange, an den zwei Tragkabeln aufgehängte Kanalleitung. In diese war auf dem linksseitigen Felskopf der Schlucht ein Zwischenbehälter von etwa 5 m³ Fassungsvermögen eingeschaltet, der zum Ausgleich von Störungen in der Betonzufuhr auf die Mauer diente, wie sie beim Schwenken, Heben oder Auswechseln der Verteilungskanäle unvermeidlich waren. Das harte gebrochene Material griff die Kanalwandungen derart an, dass schon nach rd. 10 000 m³ geschüttetem Beton in einzelnen Kanälen sich die ersten Löcher zeigten. Da diese Abnutzung naturgemäss in den untern Partien des Profils am grössten war, konnte durch Einsetzen eines gebogenen Eisenblechs von 5 mm Stärke und gleicher Länge wie der Kanal, die Lebensdauer der Schüttrinnen oft bis auf das Doppelte erhöht werden. Die Leistungsfähigkeit der ganzen Betonier-Anlage von Montejaque betrug bei normalem Betrieb 200 bis 250 m³ im 9-Stunden Tag; die maximale Tagesleistung belief sich auf 350 m³. Sämtliche Installationen und Zugangswege zur Mauer waren so zu projektieren, dass schon während des Baues das Wasser des Flusses bis nahe an die jeweilige Dammkrone aufgespeichert werden konnte. Dies war durch eine Regulierung des Abflusses mittels der in den Umlaufstollen eingebauten Drosselkappe möglich.

Staumauer, Umleitungsstollen und Wasserfassung wurden in der Zeit von Anfang Juni 1923 bis Mitte Juni 1924 von der Hoch- und Tiefbau-Unternehmung Remy und Cie. in Barcelona ausgeführt.

Die Brücke in Villeneuve-sur-Lot, nebst Betrachtungen zum Gewölbebau.

(Schluss von Seite 154.)

Ob ein grosses Gewölbe zu armieren sei oder nicht kann allgemein weder bejaht noch verneint werden. Wenn die Verhältnisse so liegen, dass die hauptsächlichen Berechnungsgrundlagen als zuverlässig gelten können und die Berechnung keine gefährlichen Zugspannungen ergibt, so hat eine Armierung keine Berechtigung. Abzulehnen sind die „formell" armierten Gewölbe, wo 0,1 bis 0,2 % Armierung eingelegt werden, damit sie als Eisenbetongewölbe angesprochen werden können. Eine so schwache Armierung nützt zu wenig im Vergleich zum Nachteil der umständlicheren Ausführung.

Das beim hier beschriebenen Bau angewendete Verfahren ist geeignet, Unsicherheiten der Berechnung auszuschalten und damit die Armierung überflüssig zu machen. Eisenbetongewölbe sind immer da am Platze, wo wegen mangelnder Konstruktionshöhe oder aus anderen Gründen so schlank gebaut werden muss, dass die Exzentrizität der Drucklinie gefährliche Zugspannungen erwarten lässt.

Wenn von *gefährlichen Zugspannungen* gesprochen wird, so stellt sich die Frage, was darunter zu verstehen ist. Die heute bei uns herrschende Meinung geht dahin, dass eine gewisse Grenzzahl hierfür massgebend sei. Und zwar hat sich als solche Grenze der Zugspannung für Beton 10 kg/cm² eingebürgert, was wohl auch unsern Normen zur Last zu legen ist. Die Normen von 1909 lassen nämlich bei exzentrisch auf Druck beanspruchten Bauteilen 10 kg/cm² Zugspannung zu. Massgebend für diese Festsetzung war aber einzig und allein, dem Konstrukteur die einfachere Berechnung der Druckglieder mit vollem Querschnitt zu gestatten, statt ihn zu einer komplizierteren Nachrechnung für gerissenen Beton zu zwingen, sofern nur geringe Zugspannungen sich ergaben, die ja durch die vorgeschriebene Minimalarmierung ohne weiteres aufgenommen werden. Diese Zahl aber als Kriterium für die Sicherheit von Eisenbeton- oder gar Beton- und Mauerwerks-Bauten anzusetzen, war nicht beabsichtigt. Verschärft wurde das Missverständnis durch die Verordnung von 1915, wo eine entsprechende Zahl von 8 bis 10 kg/cm² nicht nur für Druck, sondern auch für Zugglieder als zulässig erklärt wird. Demgemäss müssen also *Druck*glieder laut Art. 3 f. mit Armierung von mindestens 0,6 % versehen werden, während *Zug*glieder überhaupt nicht armiert zu werden brauchen, sofern die Zugspannung im Beton 8 bis 10 kg/cm² nicht übersteigt.

Während man also bei Aufstellung der Normen von 1909 nicht daran dachte, die Zugbeanspruchung des Beton für die Beurteilung der Standfestigkeit einer Eisenbetonbaute heranzuziehen, sondern es als selbstverständlich betrachtete, dass bei diesen alle Zugspannungen dem Eisen zuzuweisen seien, hat sich, wie schon gesagt, in letzter Zeit die Gepflogenheit herausgebildet, die Grösse der Zugspannungen als für die Sicherheit von Bauten aller Art wesentlich zu betrachten, wie es beim Eisenbau mit Recht geschieht.

Welche Inkongruenzen hieraus entstehen können sei an einem Beispiel gezeigt (Abb. 4). Der gleiche Betonpfeiler von 1 × 1 m Querschnitt sei einmal mit 25 t am Rande (I), ein andermal mit 240 t im Viertel gedrückt (II).