Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 121/122 (1943)

Heft: 11: Generalversammlung Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein, 11. bis 13. September 1943 in Genf

Artikel: Das Kraftwerk Verbois, Ausführung der Tief- und Hochbauarbeiten

Autor: Ott, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-53169

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 03.02.2026

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

toren von 12 und 7 kW, von denen der grössere auf eine Cadmium-Nickel-Batterie arbeitet. — Für die Warmwasserheizung des Schiffes genügt in der Regel die aus den Auspuffgasen gewonnene Wärme. Als Reserve bei Stillstand des Schiffes dient ein Gliederkessel (in Abb. 8, links sichtbar).

Heute hat das Boot leer nur noch eine Verdrängung von 163 t und bei Vollast mit 450 Passagieren nur noch 197 t gegen 220 t früher ohne Passagier-Belastung. Die Höchstgeschwindigkeit betrug früher bei einer Maschinenleistung von 520 PS_i 27 km/h, heute läuft das Schiff bei normal 340 PS_e 31,8 km/h; es zieht dank seiner guten Form fast kein Kielwasser nach. Der erfreuliche Umbau, der ganz auf der Werft der Cie. Gle. in Ouchy durchgeführt worden ist, zeigt interessante Möglichkeiten zur Erneuerung überalterter Schiffe auf unsern Seen.

Das Kraftwerk Verbois, Ausführung der Tief- und Hochbau-Arbeiten

Von Ing. F. OTT, Direktor der A. G. Conrad Zschokke, Genf

Die «Schweiz. Bau-Zeitung» hat in Bd. 114, S. 318* (30. Dezember 1939) einen Artikel über die allgemeine Anordnung des rd. 15 km unterhalb der Stadt Genf gelegenen Grosskraftwerkes Verbois über die Rhone gebracht. Inzwischen sind die Bauarbeiten durchgeführt worden; das erste Maschinenaggregat des Kraftwerkes konnte am 17. Januar 1943 und das zweite am 6. April in Betrieb genommen werden, allerdings vorerst nur bei beschränktem Stau auf Kote 359,00, was einem Nutzgefälle von rd. 10 m entspricht. Diese beschränkte Stauhöhe ist durch den Umstand bedingt, dass bei Normalstau in Verbois, wie übrigens auch in dem eingangs erwähnten Aufsatz angeführt wurde, die bestehende Kraftwerkanlage in Chèvres unter Wasser gesetzt wird und daher, bevor die ganze Stauhöhe im neuen Kraftwerk Verbois zu voller Ausnützung gelangen kann, abgebrochen werden muss. Dieser Abbruch ist zur Zeit in vollem Gange, sodass gegen den Herbst hin das alsdann gänzlich fertig erstellte, vorläufig mit drei Turbinen-Gruppen ausgerüstete Kraftwerk Verbois seinen vollen Betrieb wird aufnehmen können.

Es sind somit 36 Jahre verflossen, seit, im Jahre 1907, die Ausnützung dieser Staustufe erstmals Gegenstand eines öffentlichen Wettbewerbes bildete. Als erstprämiiertes Projekt ging damals dasjenige des inzwischen verstorbenen Ingenieurs Prof. *Conradin Zschokke* hervor. Anschliessend an diesen Wettbewerb wurde die Firma Zschokke[1]) im Lauf der Jahre zu verschiedenen Malen mit der Ausarbeitung neuer Vorschläge betraut. Diese fanden ihren Abschluss mit dem generellen Vorprojekt des Jahres 1936, auf Grund dessen die Ausführung des Kraftwerkes Verbois von den Services Industriels de Genève verwirklicht wurde; in deren Auftrag übernahm die Soc. Gén. pour l'Industrie Electrique in Genf die Bauleitung, sowie die Aufstellung der Ausführungspläne, dies in Verbindung mit der Motor Columbus A.-G., Baden, für das Stauwehr.

Der nachfolgende Artikel behandelt in einem kurzen Ueberblick die Ausführung der Hoch- und Tiefbauarbeiten für Stauwehr und Maschinenhaus, wobei insbesondere einige charakteristische Merkmale der angewandten Bauweise festgehalten werden sollen. Eingangs sei vorausgeschickt, dass der Bauherr die Arbeiten anfangs 1939 vergeben hat und zwar an eine Arbeitsgemeinschaft, die die Unternehmungen A.-G. Conrad Zschokke, Victor Olivet S.-A., Edouard Cuénod S.-A. und Erdigt umfasste. Die technische und administrative Leitung dieser Arbeitsgemeinschaft lag in den Händen der A.-G. Conrad Zschokke.

Die Arbeiten wurden durchgehend in offenen, durch Fangdämme geschützten Baugruben ausgeführt. Diese Bauweise wurde von der A.-G. Conrad Zschokke vorgeschlagen und zwar auf Grund der von ihr gemachten Erfahrungen beim Kraftwerkbau Pizançon an der Isère, Frankreich, der bezüglich Gesamtanordnung und Untergrund ähnliche Verhältnisse aufwies. Diese Baumethode hat sich denn auch in Verbois, bei zum Teil schwierigeren Untergrund-Verhältnissen, gut bewährt. Voraussetzung für eine einwandfreie Durchführung nach dieser Bauweise ist jedoch die Bedingung, dass den Baugrubenabschlüssen grösste Aufmerksamkeit geschenkt wird. Auf diesen Punkt soll später zurückgekommen werden. Das gesamte Bauwerk setzt sich vom linken zum rechten Ufer fortschreitend aus folgenden einzelnen Objekten zusammen (siehe Installationsplan, Abb. 5):

1. Staudamm links samt Dichtungskern	rd. 186 m lang
2. Stauwehr mit 4 Oeffnungen von je 14 m l. W. im ganzen	81 m „
3. Maschinenhaus für 4 Turbinengruppen zu je 31 500 PS	rd. 70 m „
4. Maschinenhaus-Annexbau	rd. 55 m „
5. Staudamm rechtes Ufer samt Dichtungskern	108 m „
Die Länge des gesamten, den Talabschluss bildenden Bauwerkes ergibt sich somit zu	rd. 500 m.

Das nutzbare Gefälle beträgt bei Hochwasser 17,0 m, bei Niederwasser steigt es auf maximal 20,8 m an, wobei rd. 16,4 m durch Aufstau und 4,4 m durch Korrektur des Rhonebettes erzielt werden. Die maximale Bauhöhe zwischen tiefster Fundamentkote und Strassenoberkant beträgt rd. 36,50 m.

Von den vorerwähnten fünf Bauobjekten liegen das Wehr und eine Hälfte des Maschinenhauses im ursprünglichen Rhonelauf. Die Erstellung dieser beiden Hauptobjekte erfolgte hinter Fangdammabschlüssen in zwei getrennten Bauphasen. Die erste Bauphase (Abb. 1 bis 4) umfasste, einerseits, auf dem linken Ufer den Bau der drei ersten Wehröffnungen und gleichzeitig,

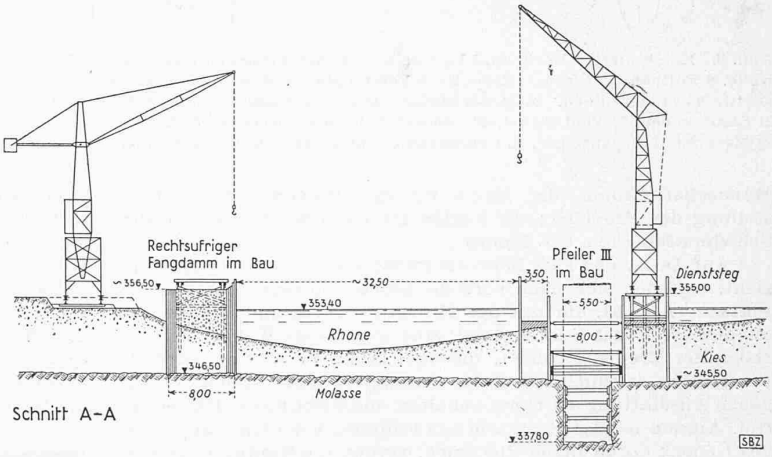

Abb. 2. Längsschnitt in der ersten Bauphase, 1. Etappe. — Masstab 1 : 800

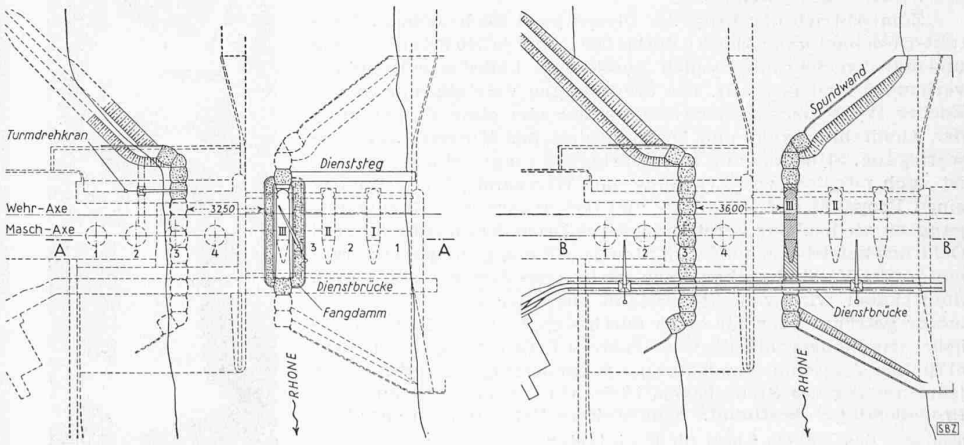

Abb. 1. Erste Phase, 1. Etappe Abb. 3. Erste Phase, 2. Etappe

Grundrisse 1 : 3000 der Installation für Wehrbau und Maschinenhaus-Ende

[1]) Zum Teil in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. E. Meyer-Peter, Zürich.

anderseits, auf dem rechten Ufer den Bau der beiden ersten Einheiten des Maschinenhauses; in der zweiten Bauphase (Abb.5) wurden in einer gemeinsamen Baugrube die vierte Wehröffnung und die Gruppen 3 und 4 des Maschinenhauses erstellt. Gemeinsames Abschlusselement beider Bauphasen bildete der vorgängig in einer besonderen, ebenfalls durch Fangdämme umschlossenen Baugrube erstellte Wehrpfeiler III mit den ober- und unterwasserseitig anschliessenden Zellenfangdämmen (Abb. 3).

Während der ersten Bauphase war der Rhonelauf auf einen zwischen den beiden Längsfangdämmen freigelassenen Durchlass von etwa 36 m Breite zusammengeschnürt; während der zweiten Bauphase wurde das Wasser durch die bereits fertiggestellten Grundablässe der 3 ersten Wehröffnungen von total $3 \times 14 = 42$ m Lichtweite geleitet (Abb. 5). Das bisher beobachtete maximale Hochwasser beträgt 1320 m³/sec; die grösste während des Baues erreichte Wassermenge stellte sich auf beinahe 1000 m³/sec. Diese Zahlen dürften zur Begründung der Wichtigkeit genügen, die der Erstellung einwandfreier Baugrubenabschlüsse beigemessen wurde.

*

Die hauptsächlichsten, für die Gesamtausführung benötigten Installationen (Abb. 5) sind auf dem rechten Ufer angeordnet. Wir finden daselbst ausser dem Bureau der Unternehmung, den Aufenthaltsräumen für die Arbeiter und der nachstehend erwähnten Aufbereitungs- und Betonieranlage, Kompressoren, Werkstatt, Zimmerei, Hauptmagazin, sowie einen ausgedehnten, von einem Turmdrehkran bedienten Lagerplatz. In Anbetracht der mit den Zeitverhältnissen zusammenhängenden Vorratsbeschaffung beanspruchte dieser Lagerplatz eine ungewöhnlich grosse Fläche.

Die Verbindung der beiden Ufer besteht aus einer unterwasserseitig angeordneten, 153 m langen und 6,25 m breiten eisernen Dienstbrücke, deren verschiedene Zwischenstützen, von denen einzelne während des Baufortschrittes ausgewechselt werden mussten, entweder mittels Senkbrunnen oder dann unter Zuhilfenahme von Spundwänden gegründet wurden. Ueber die Brücke führen zwei Rollbahngleise von 60 cm Spur; sie trägt ferner ein Fahrgleis für zwei Turmdrehkrane und nimmt sämtliche Leitungen für Strom, Wasser und Druckluft auf (Abb. 6). Am rechtseitigen Ende dieser Dienstbrücke ist die Aufbereitungs- und Betonieranlage angeordnet, die das von der Rhone herrührende Baggergut in vier Komponenten sortiert und durch automatische Beschickungsapparate den drei Betonmischern von je 1000 l Trommelinhalt zuführt.

Auf dem linken Ufer befinden sich einige kleinere Baracken, die insbesondere bei Baubeginn ihre Bedeutung hatten, solange die Dienstbrücke noch nicht erstellt war und die Verbindung zwischen den beiden Ufern durch eine Fähre aufrecht erhalten wurde. Während dieses Bauzustandes bestand ferner oberwasserseitig ein leichter Dienststeg, der den Zugang vom linken Ufer zu der in der Flussmitte gelegenen Baugrube von Pfeiler III ermöglichte (Abb. 1).

Die einzelnen Bauobjekte wurden mit Hilfe von Turmdrehkranen erstellt. Je zwei grosse, eigens zu diesem Zweck konstruierte, fahrbare Turmdrehkrane bedienten sowohl Maschinenhaus als Wehr. Je einer dieser Krane war oberwasserseitig auf Felshöhe und je einer unterwasserseitig auf der vorerwähnten Dienstbrücke angeordnet. Diese Krane können bei einer Ausladung von 20 m eine Nutzlast von 2,5 t aufnehmen; das Fahrgestell ist, bei entsprechend grosser Spurweite, so ausgebildet, dass zwei Rollbahnzüge ungehindert darunter durchfahren können. Für die übrigen Bauobjekte wurden ebenfalls Turmdrehkrane, jedoch von normaler Ausführung und Leistungsfähigkeit verwendet. Während des Vollbetriebes war der Bau mit total neun Turmdrehkranen ausgerüstet. Diese dienten vor allem zum Einbringen der Baustoffe, doch fanden sie auch teilweise Verwendung beim Ausbruch der im Schlitz auszuführenden Baugruben, und soweit möglich, beim Erstellen der in ihrem Aktionsbereich liegenden Fangdämme.

Die Rammarbeiten erfolgten im allgemeinen mit schnellschlagenden, mittels Druckluft betätigten Tifine-, Demag- und Pajot-Hämmern. Für die ersten, direkt im Rhonelauf angeordneten Gerüstungen und Spundwände standen zwei mit Dampframmen ausgerüstete Schwimmbatterien zur Verfügung.

Für die Aushubarbeiten von insgesamt rd. 200 000 m³, wovon rd. 40 000 m³ Molassefels, wurden in den breiten, zugänglichen Teilen zwei, zeitweise drei Raupenbagger verwendet. Sie arbeiteten je nach den Umständen mit Hoch- oder Tieflöffelausrüstung. Der Abtransport erfolgte im allgemeinen mittels Lastwagen. Diese Transportart hat die Unternehmung angewendet, weil das Aushubmaterial an sehr verschiedenen Orten deponiert und vor allem in die hochgelegenen Anschüttungen, hinter den beiden Betonmauern der seitlichen Talabschlüsse geführt werden musste. Die ausgedehnten Baugruben ermöglichten anderseits, trotz der grossen Höhenunterschiede, die Anordnung von für Lastwagen fahrbaren Rampen

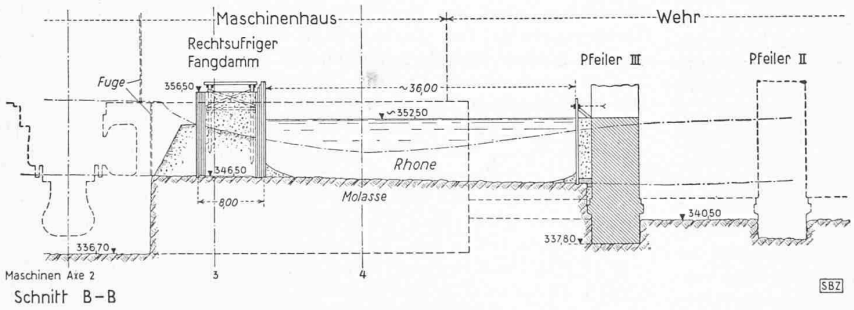

Abb. 4. Längsschnitt 1 : 800 im Bauzustand der 1. Phase, 2. Etappe (vgl. Abb. 3)

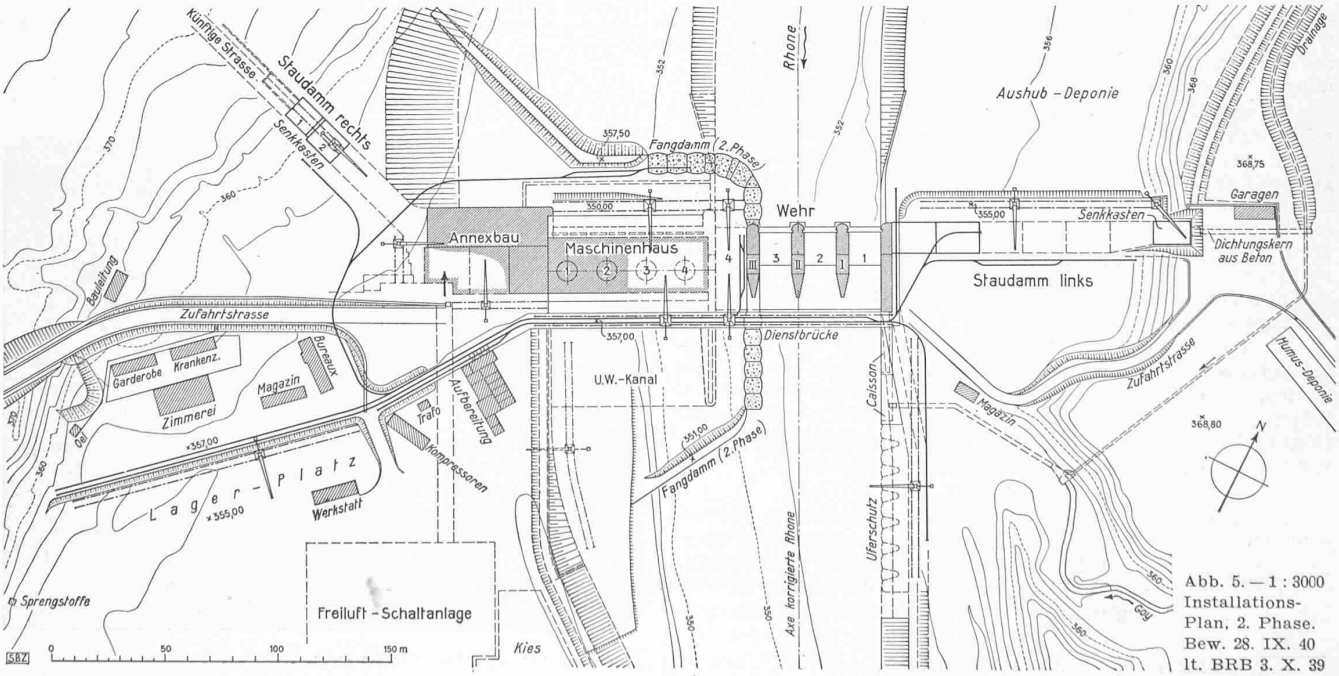

Abb. 5. — 1 : 3000 Installations-Plan, 2. Phase. Bew. 28. IX. 40 lt. BRB 3. X. 39

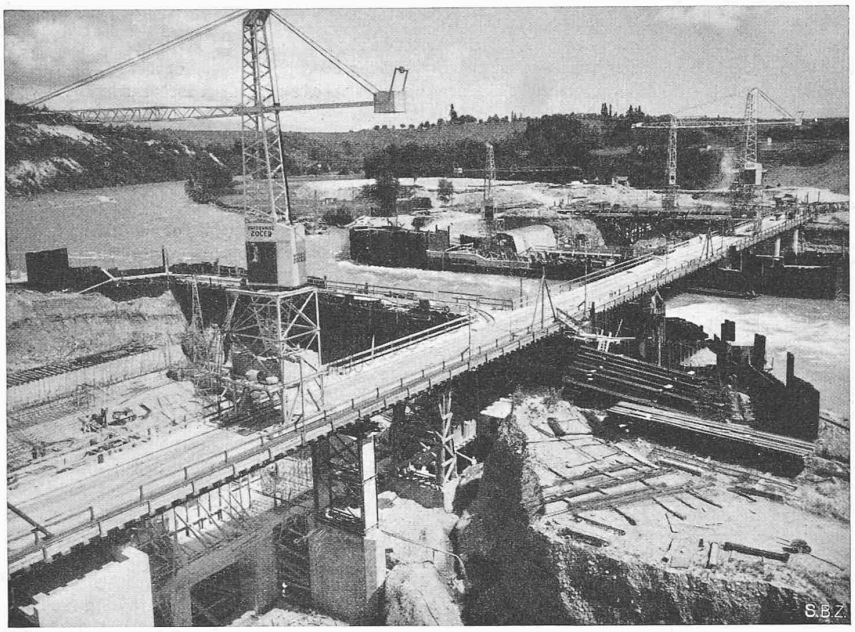

Abb. 6. I. Bauphase: links Maschinenhaus-Baugrube, rechts Wehr-Baugrube

(Abb. 7). Das im Schlitz anfallende Aushubmaterial wurde dagegen, wie bereits erwähnt, mit den Kranen hochgezogen und entweder mittels Lastwagen oder, sofern die Deponieverhältnisse es erlaubten, mittels Muldenkippern abgeführt.

Die Hauptwasserhaltung erfolgte, einige kleinere Zentrifugalpumpen ausgenommen, ausschliesslich mittels selbstansaugenden Pumpen, System Lauchenauer der Maschinenfabrik a. d. Sihl, Zürich.[1]) In Anbetracht der grossen Ausdehnung der einzelnen Baugruben kann der Wasserandrang, der sich hauptsächlich von der Landseite her, also nicht durch die Fangdämme hindurch, bemerkbar machte, als äusserst gering bezeichnet werden. Zum Entleeren des im Haupt-Pumpensumpf gesammelten Wassers genügte im allgemeinen pro Baugrube eine 200 mm-Pumpe, die zudem nicht durchgehend mit voller Leistung arbeiten musste.

Zum Abschluss dieser Gesamtübersicht sei noch erwähnt, dass die wichtigsten Schalungen und Gerüstungen im allgemeinen viermal Verwendung fanden. Sie wurden daher entsprechend durchkonstruiert; insbesondere bedingte die viermalige Verwendung der Schalungen sowohl der Einlaufspiralen als auch der Saugkrümmer ein genaues und eingehendes Studium der verschiedenen, zum Teil äusserst komplizierte Formen aufweisenden Schalkörper. Diese wurden in einzelne Elemente aufgeteilt, wobei vor allem darauf Bedacht genommen werden musste, dass diese Elemente einerseits nicht zu gross, schwer und unhandlich wurden und anderseits so gestaltet waren, dass sie beim Ausschalen ohne Schaden zu nehmen, durch die vorgesehenen Oeffnungen herausgenommen und abtransportiert werden konnten.

Die einzelnen Schalelemente, die nach den von der Unternehmung angefertigten Plänen durch die Bauplatzzimmerei hergestellt wurden, waren durch ein Stützgerüst gehalten; ihre genaue Lage wurde durch Keile reguliert. Nach Erhärten des Betons wurden diese Keile gelockert, worauf die einzelnen Elemente vom Beton gelöst und abgesenkt werden konnten. Die Abbildungen 9 u. 10 vermitteln einen Ueberblick über die Ausführungsweise dieser Schalungen, deren Vorteil neben der viermaligen Verwendung sich vor allem in der Zeitersparnis bei der Montage auswirkte.

Im übrigen mögen noch die Wehrschalungen und die Dachrahmenschalungen des Maschinenhauses erwähnt sein. Diese letzten, aus einer Holz-Eisen-Konstruktion bestehenden Parallelträger, stützten sich auf die bereits fertig erstellten Kranbahnträger ab und konnten so rasch und leicht von einer Gruppe zur Nächstfolgenden vorgeschoben werden.

*

Wie aus dem vorangehenden kurzen Baubeschrieb hervorgeht, bildeten die verschiedenen *Fangdammabschlüsse* das wichtigste und zugleich auch interessanteste Element der Bauausführung. Von ihnen hing das gute Gelingen des ganzen Bauvorhabens ab. Sie sollen daher im Nachfolgenden etwas eingehender behandelt werden.

[1]) Vgl. SBZ Band 97, S. 146* und Bd. 99, S. 247*. Red.

Obschon den Submissionsunterlagen seinerzeit schematische Skizzen betreffend Ausführung nach offener Bauweise beigelegt waren, liessen die Ausschreibungsbedingungen dem Unternehmer diesbezüglich gänzliche Freiheit.

Nach eingehenden Studien der verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten entschloss sich die Unternehmung, die offene Bauweise vorzuschlagen, wobei sie allerdings bezüglich Gründung des Pfeilers III eine Variante mittels Druckluft vorlegte. Im Einverständnis mit der Bauleitung wurde für den gesamten Bau, also auch für Pfeiler III, die Gründung nach dem Verfahren in offener Baugrube gewählt. Trotzdem sich bei Pfeiler III infolge ungünstiger Felsverhältnisse nachträglich grosse Schwierigkeiten ergaben, konnte die vorgesehene Bauweise durchgehend angewendet und mit vollem Erfolg durchgeführt werden. Dazu war es allerdings notwendig gewesen, dass die Fangdämme vor der Ausführung ganz gründlich studiert und den jeweiligen Verhältnissen angepasst wurden. Um sich über die Wichtigkeit und zugleich auch die Schwierigkeit einer einwandfreien Lösung dieser Aufgabe Rechenschaft geben zu können, müssen hier einige Angaben über die Untergrundverhältnisse vorausgeschickt werden.

Die vorgenommenen Sondierungen haben ergeben, dass der Baugrund an der Wehrstelle aus einer sehr kompakten, von grösseren Bollensteinen und einzelnen Findlingen durchsetzten Alluvionschicht von rd. 6 bis 8 m Mächtigkeit besteht. Darunter verläuft, beinahe horizontal, die Mollasse, in der Sandstein- mit Mergelschichten abwechseln. Je nach der Zusammensetzung sind diese Schichten mehr oder weniger hart und widerstandsfähig. Doch ergaben die Bodenaufschlüsse, dass die oberen Schichten, also die Berührungsschichten mit der Kies-Sand-Ueberlagerung, fast durchgehend aus ziemlich harten bis sehr harten Sandsteinbänken bestanden. Daraus konnte mit grosser Wahrscheinlichkeit abgeleitet werden, dass ein Rammen der Spundbohlen nur bis auf den Felsen, nicht aber in diesen hinein möglich sei. Eine von der Unternehmung durchgeführte Proberammung bestätigte denn auch diese Annahme.

Auf Grund obiger Aufschlüsse und Vorversuche wurde die endgültige Wahl des zur Verwendung gelangten eisernen Spundwandprofils getroffen. Sie fiel zu Gunsten der sehr kräftigen Lackawannabohlen aus, die in zwei Profilen hergestellt werden, nämlich in Lackawanna flach und Lackawanna Z- oder Rombas-Profil. Diese zwei Bohlenarten, die beide das gleiche, sehr widerstandsfähige und gleichzeitig viel Spielraum zulassende Schloss aufweisen, kommen einzeln oder kombiniert zur Verwendung. Bei der getroffenen Wahl war aber vor allem die Möglichkeit ausschlaggebend gewesen, die flachen Lackawannabohlen für Zellenfangdämme verwenden zu können.

Die Unternehmung hatte sich zur Anwendung dieser Fangdämme erst nach eingehenden Ueberlegungen und vergleichen-

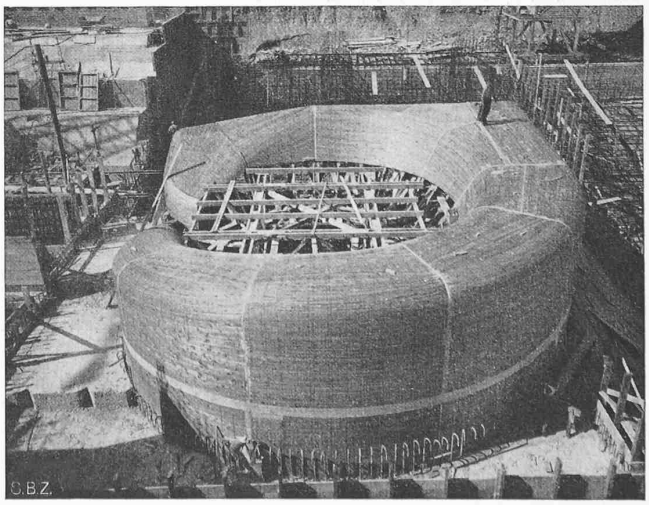

Abb. 9. Schalung einer Einlaufspirale

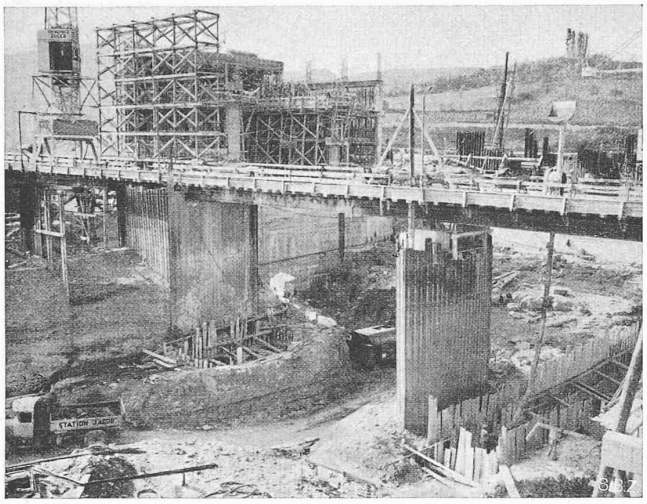

Abb. 7. II. Bauphase: Maschinenhaus-Baugrube; trockengelegter, mittels Spundbohlen ausgeführter Flusspfeiler der Dienstbrücke

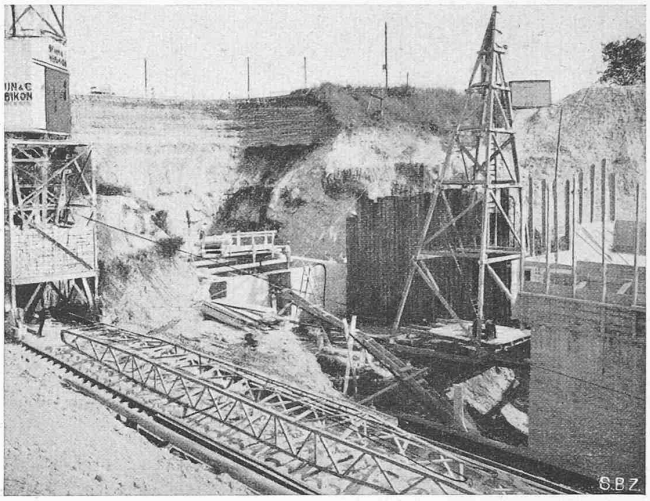

Abb. 8. Linksufriger Talabschluss, in Bildmitte in Abteufung begriffener Senkkasten

den Studien entschlossen, wobei sie zum Schlusse kam, dass diese Art Fangdämme unter den gegebenen geologischen und örtlichen Verhältnissen weitaus die grösste Gewähr für einen einwandfreien Baugrubenabschluss bot. Ihr Anwendungsgebiet wurde allerdings auf jene Zonen beschränkt, in denen einerseits der voraussichtliche Baukolk bis zur Felsoberfläche reichen würde und in denen anderseits ein Eindringen der Spundwände in den felsigen Untergrund unwahrscheinlich erschien. Unter solch ungünstigen Verhältnissen musste somit — ausser der Erstellung einer standsicheren Baugruben-Umschliessung — vor allem darnach gestrebt werden, dass der Fangdamm selbst beim völligen Wegspülen der Kies- und Sandüberlagerung einen satten und wasserdichten Anschluss an die von zahlreichen kleinen Erosionsrinnen durchzogene Felsoberfläche gewährleistete und zwar auch dann, wenn z. B. ein grosser Findling das Rammen einzelner Spundbohlen bis auf die Felsoberfläche verunmöglichte oder aber infolge eines anderen Hindernisses eine Bohle aus dem Schloss sprang und in der Wand eine klaffende Spalte frei blieb. All diese Möglichkeiten mussten ins Auge gefasst und reiflich überlegt werden. Als Ergebnis dieser Ueberlegungen und Studien ergab sich der *Zellenfangdamm,* der vorzugsweise in Amerika schon des öftern Anwendung gefunden hat.

Er besteht aus einer äusseren und einer inneren Bohlenwand, die durch Querwände mit einander verbunden werden und so den Fangdamm in einzelne Zellen unterteilen (Abb. 1 bis 5). Die beiden Längswände werden zwischen den einzelnen Querwänden nach einem Segmentbogen gerammt. Auf diese Weise arbeiten sämtliche Wände der mit Aushubmaterial aufgefüllten Zellen auf Zug. Gleichzeitig sind die einzelnen Zellen autostabil; anderseits bildet die von ihnen eingeschlossene Kies-Sand-Schicht, die den Fels überlagert, ein unberührtes und daher gerade im vorliegenden Fall ausgezeichnetes Dichtungsmaterial. Sofern die äussern Wände nicht gut an den Fels anschliessen oder unterspült werden sollten, ist bei diesem Fangdammtyp die Gefahr eines Wasserdurchbruches auf ein Minimum beschränkt, denn die Innenwand ist, selbst wenn sie ausnahmsweise ebenfalls nicht vollständig an den Fels anschliessen würde, durch die oben erwähnte Zellenfüllung geschützt und gegen den Fels abgedichtet.

Sollte aber, infolge eines unglücklichen Zufalls, in ein und derselben Zelle der Anschluss sowohl der äusseren als auch der inneren Spundwand an den Fels ungenügend sein, sodass ein Ausspülen der Zellenfüllung zu befürchten wäre, so kann eine solche Zelle ohne grosse Schwierigkeiten geleert und die Abdichtung an den Fels mittels teilweiser Füllung durch Unterwasserbeton hergestellt werden. Diese Anordnung fand beim Oberwasserfangdamm der zweiten Bauphase Anwendung, wo die Alluvionschicht vorgängig der Fangdammerrichtung weggespült worden war (Abb. 13). Es ergibt sich aus vorstehenden Ausführungen, dass diese Zellenfangdämme, neben ihrer grossen Sicherheit gegen einen Wassereinbruch, sich ohne Schwierigkeit den örtlichen Verhältnissen in weitgehendem Mass anpassen lassen. Die gemachten Erfahrungen waren denn auch mit den angestellten Ueberlegungen in vollem Einklang (Abb. 14 u. 15).

Abschliessend möge noch bemerkt werden, dass sich ein Nachrammen der Spundbohlen, sofern es ausnahmsweise nötig wird, bei einem Zellenfangdamm viel leichter und einfacher gestaltet, da keine Spriessungen oder Verankerungen die Arbeit erschweren.

Was die übrigen Abschlüsse anbelangt, so wurden sie je nach den örtlichen Verhältnissen und dem zu erwartenden Kolk ausgebildet. Die ausserhalb der grossen Kolkzone gelegenen seitlichen Fangdämme bestanden im Oberwasser aus einer einfachen Z-Bohlenwand und im Unterwasser aus einer Flachbohlenwand. Beide Wände lehnten sich baugrubenseits an eine aus Aushubmaterial gebildete Hinterschüttung an.

Wie eingangs erwähnt, ist *Pfeiler III* innerhalb einer besonderen Baugrube erstellt worden. Die Umschliessung dieser Baugrube erfolgte mittels zwei doppelwandigen Längsfangdämmen, an die ober- und unterwasserseitig die Zellenfangdämme anschlossen. Da diese Längsfangdämme verhältnismässig kurze Zeit der Strömung ausgesetzt waren und zudem das Rhonebett während dieser Bauetappe wenig eingeengt war, musste ein gefährlicher Kolk nicht in Rechnung gestellt werden. Die Pfeilergründung gab denn auch diesbezüglich keinen Anlass zu Besorgnissen; dagegen zeigte es sich nach Abteufen der ersten 4 m im Fels, dass unter einer harten Sandsteinschicht äusserst gebräche und wenig Standfestigkeit aufweisende Mergelschichten (Marne bariolée) vorhanden waren, die einen ungewöhnlich starken und zeitraubenden Einbau erforderten. Gleichzeitig musste das Abteufen mit äusserster Vorsicht und oft unter mehrmaliger Umspriessung des Holzeinbaues vorgenommen werden. Um einen Begriff von der Grösse dieser mitten in der Rhone gelegenen Baugrube zu geben, möge erwähnt sein, dass deren Grundfläche $8{,}50 \times 41{,}50 =$ rd. 350 m² betrug, und dass die tiefste Fundamentkote rd. 17 m unter dem normalen Hochwasserspiegel lag.

Beide *seitlichen Talabschlüsse* wurden zur Vergrösserung des Sickerweges tief in das Gelände eingebunden.

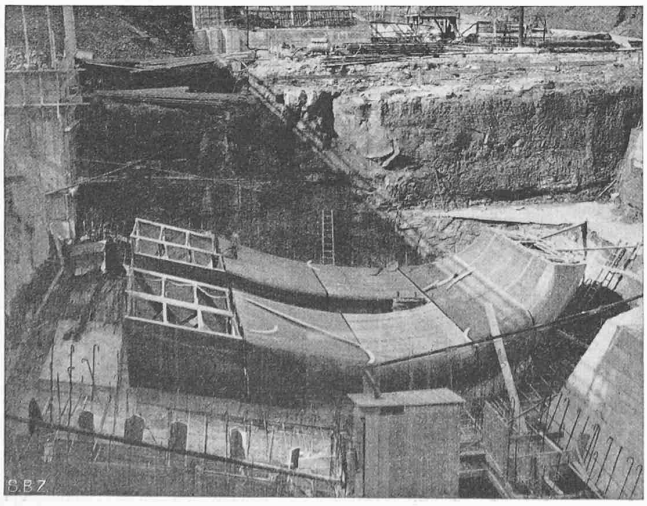

Abb. 10. Schalung eines Auslauf-Saugkrümmers

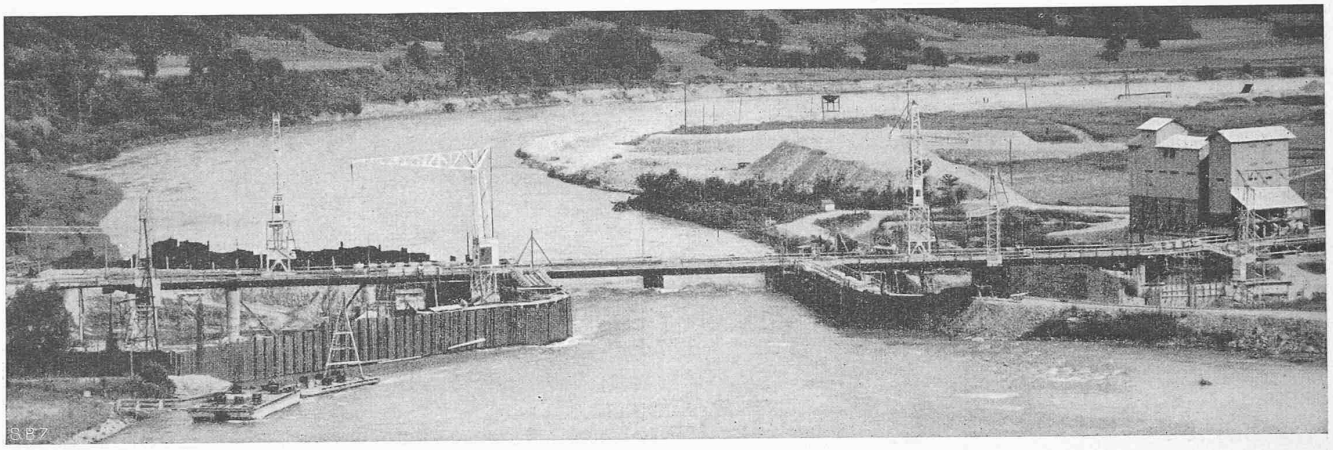

Abb. 11. Uebersicht der Baustelle des Kraftwerks Verbois in der ersten Bauphase, flussabwärts gesehen

Auf der linken Talseite fällt das Plateau d'Aire-la-Ville von Kote 370 unter einer steilen Böschung auf Kote 357 ab. Der Molassefels liegt an dieser Stelle etwa auf Kote 347. Da die Fundation der das Tal abschliessenden Betonmauer «Digue de Cheneviers» in den Molassefels eingebunden werden musste, ergab sich die Mächtigkeit der zu durchfahrenden Alluvionschicht zu 23 m. Gleichzeitig war an dieser Stelle in der unmittelbar über dem Fels gelegenen Kies-Sand-Schicht mit einer ziemlich starken Grundwasserführung zu rechnen, wie dies seinerzeit anlässlich der durch die Firma Zschokke ausgeführten Sondieraufschlüsse und Pumpversuche festgestellt worden war. Der Uebergang zwischen der in gespriesster Baugrube ausgeführten Abschlussmauer und dem in das Plateau von Aire-la-Ville hineinreichenden Dichtungskern aus Beton wurde daher unter Zuhilfenahme eines Senkkastens aus Eisenbeton von 16 m Länge und 10 m Breite erstellt. Seine Höhe betrug 9 m, Quer- und Längswände sorgten für eine genügende Versteifung der gesamten, 160 m² Grundfläche aufweisenden Konstruktion. Nachdem der Hang teilweise, jedoch nur soweit angeschnitten war, dass keine Spriessung notwendig wurde, erfolgte der Bau des Senkkastens auf Kote 356,0. Von diesem Planum aus wurde er unter gleichzeitigem Hochführen der Umfassungswände 9,0 m durch die Alluvionschicht abgesenkt und soweit notwendig, leicht in den felsigen Fundamentgrund eingebunden (Abb. 8, Seite 129).

Auf diese Weise ergaben sich einmal keine Schwierigkeiten bezüglich Wasserhaltung und alsdann konnte, was vor allem wichtig war, ohne jegliche Spriessung des maximal 23 m tief in die Kiessand-Schicht hineinreichenden Bauteiles ausgekommen werden. Aus diesem Grunde hatte übrigens die leitende Unternehmung schon anlässlich der Submission eine Fundation mittels Senkkastens vorgeschlagen. Es war dies die unter den obwaltenden Umständen einzig richtige Lösung sowohl hinsichtlich technisch einwandfreier Baudurchführung als auch bezüglich Sicherheit beim Arbeitsvorgang.

Die anschliessende Dichtungswand war ursprünglich aus einer Spundwandschürze vorgesehen, deren eiserne Bohlen bis auf den Fels gerammt werden sollten. Nachdem sich der Boden, wie bereits erwähnt, bei den früheren Rammarbeiten durchgehend als äusserst kompakt und schwer rammbar erwiesen hatte, durfte mit Sicherheit angenommen werden, dass auf diese Weise eine einwandfreie Dichtungsschürze nicht erhalten werden konnte. Daher entschloss man sich zur Erstellung eines Dichtungkerns aus Beton, der in einem 2 bis 3 m breiten und maximal 23 m tiefen, mit einem starken Einbau versehenen Schlitz ausgeführt wurde (Abb. 5). Nachdem verschiedene andere Ausführungsmöglichkeiten ausgeschaltet worden waren, wurde in Anbetracht der sehr standfesten Alluvionschicht und der verhältnismässig schmalen Baugrube dieser Bauweise der Vorzug gegeben. Zur leichteren Bewältigung des zu erwartenden Grundwassers wurde vorgängig ein mittels Spundwänden umschlossener Pumpenschacht abgeteuft.

Auf der rechten Talseite lagen die Verhältnisse insofern anders, als das Mauerende und die daran anschliessende Dichtungsschürze in schlammartigen, äusserst beweglichen Boden zu liegen kamen. Auch hier wurde der Anschluss, nachdem sich ein weiteres Vorgehen in offener Baugrube als unmöglich erwiesen hatte, vorerst mittels eines Senkkastens erstellt. Da nach dessen Abteufen die Schlammassen sich um den bereits fertig erstellten Betonblock seitlich einen Weg in die davor liegende Baugrube bahnten, musste noch ein zweiter Mauerblock, ebenfalls unter Anwendung eines Senkkastens gegründet werden. Während der erste Senkkasten bei einer Grundfläche von 11 × 12,6 m eine Höhe von 9 m aufwies, betrug die Grundfläche des zweiten 12 × 15 m bei einer Höhe von 6 m. Der anschliessende Dichtungskern aus Beton wurde unter Zuhilfenahme von Spundbohlen ausgeführt, während das allerletzte Stück durch eine im Bauwerk endgültig verbleibende, einfache Spundwandschürze gebildet wird.

Als neuartig möchten wir noch den von der Unternehmung vorgeschlagenen *linksseitigen Uferschutz im Unterwasser* er-

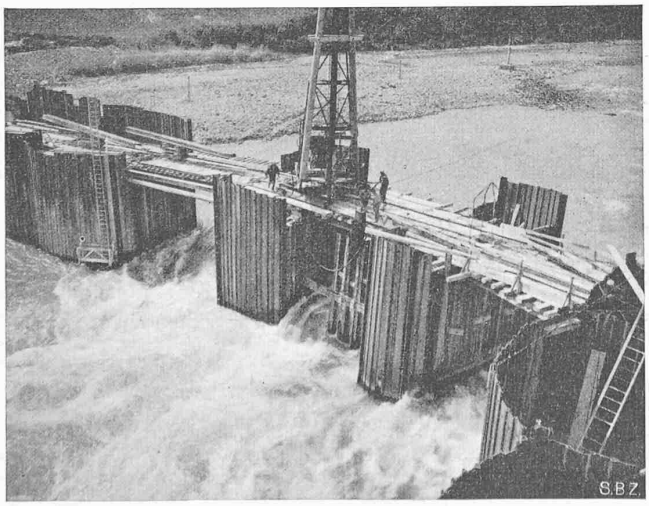

Abb. 13. II. Phase: Bau des oberwasserseitigen Zellen-Fangdamms

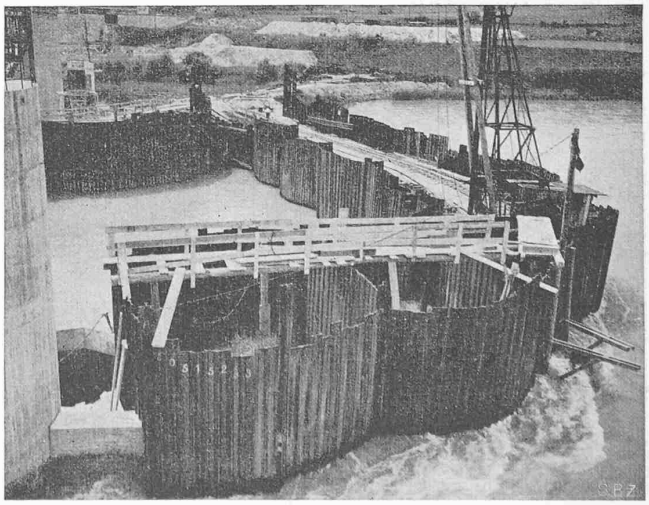

Abb. 14. II. Bauphase: Oberwasserseitiger Zellen-Fangdamm

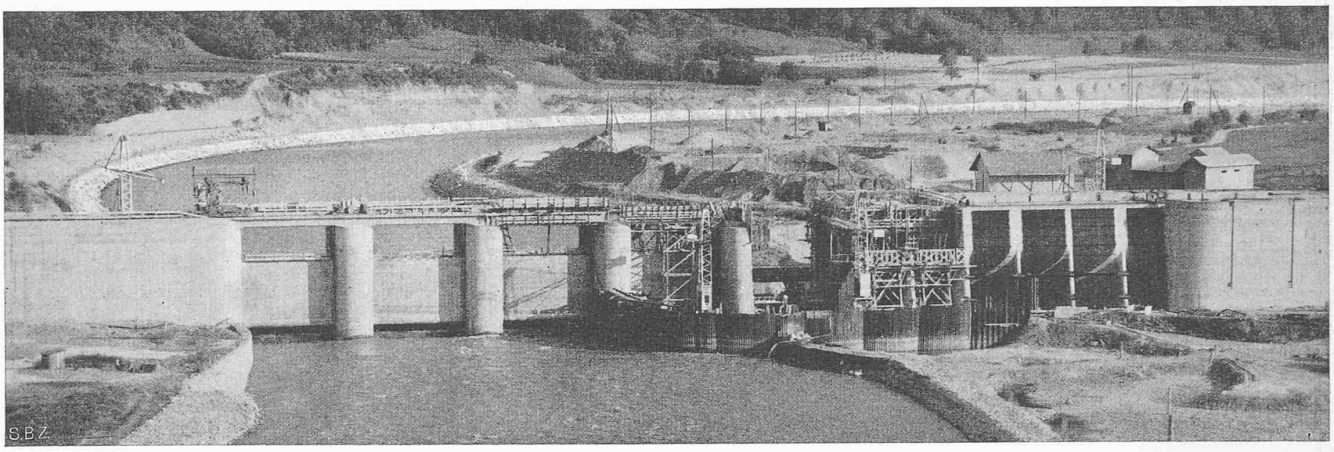

Abb. 12. Baustelle des Kraftwerkes Verbois, zweite Bauphase, flussabwärts gesehen

wähnen. In Anlehnung an die oben beschriebenen Zellenfangdämme schlug die Unternehmung an Stelle der ursprünglich vorgesehenen verankerten Spundwand eine zellenförmige Ausbildung dieser Ufersicherung vor, wobei jedoch die Innenwand jeder zweiten Zelle in Wegfall kam (Abb. 5). Die einzelnen so verbleibenden Zellen bilden eine Art «Contrefort» und ersetzen die sonst üblichen Verankerungsplatten oder Verankerungswände.

Zur Anwendung kamen wiederum flache Lackawannabohlen, die, in einem Segmentbogen geschlagen, auf Zug arbeiten. Dasselbe gilt von den Wänden der Verankerungszellen, die aus statischen Gründen leicht trapezförmig, mit landseitig halbkreisförmigem Abschluss ausgebildet wurden (Abb. 5). Auf diese Weise ergab sich einerseits eine wesentliche Einsparung an Spundwandgewicht, anderseits eine Vereinfachung in der Ausführung, indem die ganze Verankerungskonstruktion und die damit zusammenhängenden, zum Teil unter Wasser auszuführenden Arbeiten in Wegfall kamen.

Als technischer Vorteil dieser Ausführungsart sei noch erwähnt, dass die Wände auf die ganze Höhe der Bohle zurückgehalten sind und nicht nur in einer horizontalen Linie, wie dies bei den verankerten Wänden der Fall ist. Die geschlossene Form der Verankerungszellen bedingt allerdings eine genaue Ausführung, insbesondere muss das Einfädeln und Stellen der einzelnen Spundwandbohlen äusserst sorgfältig vorgenommen werden, damit sie beim Rammen weder klemmen noch aus den Schlössern springen.

Aehnlich wie dieser eben beschriebene, unterwasserseitige Uferschutz, wurde die oberwasserseitige Verlängerung der Trennmauer zwischen Maschinenhaus und Wehr ausgebildet.

Zur Architektur des Kraftwerkes Verbois

Grosse Ingenieurbauten gelten mit Recht als der eindeutigste bauliche Ausdruck der Gegenwart. So fragwürdig die Kirchen und sonstigen Monumentalgebäude unserer Zeit sind — fragwürdig im Sinn von problematisch, von nicht-selbstverständlich — so überzeugend wirken technische Konstruktionen gerade dann, wenn sie nichts anderes als dies sein wollen. Es hat lange gedauert, bis man dazu bereit war, die technische Konstruktion für sich allein als formbestimmend gelten zu lassen, bis man darauf verzichtete, sie in ein architektonisches Formengewand zu hüllen, das letzten Endes vom Sakralbau herkommt und das nur solchen Bauaufgaben angemessen ist, die noch mit der Sphäre des Sakralen zusammenhängen. Bei grossen Ingenieurbauten, die nur schon durch ihre Dimensionen imponieren, lag die Gefahr der zusätzlichen Pathetisierung durch Monumentalbauformen immer besonders nahe, obendrein dann, wenn solche Bauten mitten in eine ausgesprochene Kulturlandschaft hineingestellt werden mussten. Beides ist beim Kraftwerk Verbois der Fall, und so ist es ein ausgesprochenes Verdienst, dass man hier der Versuchung einer Monumentalisierung dieses Bauwerks widerstand.

Der Staudamm Verbois war in eine ausgesprochen reizvolle Landschaft einzubauen, die Barthélémy Menn und Ferdinand Hodler immer wieder zur bildlichen Wiedergabe gereizt hat. Es ist eine intime, da auf allen Seiten von Höhenrücken umgebene Landschaft, in der die Rhone in Maeanderwindungen den Ausweg sucht, den sie sich beim Fort de l'Ecluse selbst geschaffen hat. Zugleich ist diese Genfer Landschaft aber auch von einer gewissen heroischen Grosszügigkeit, schon fühlbar erfüllt von provenzalischem Glanz und provenzalischer Herbheit (siehe S. 119).

Hier war also äusserste Diskretion des formalen Aufwandes nötig. Staumauer und Kraftwerk sind zu einem einzigen Körper zusammengefasst, der ohne Komplikationen wie ein kristallhaftes Prisma quer durch das Tal gelegt ist, zwischen die Hügel auf beiden Seiten in der Weise eingespannt, dass sich die Strasse in ungezwungenen Kurven von der Höhe nähert, um dann in gerader Linie über die Dammkrone zu laufen. Diese Verbindung von Staudamm und Kraftwerk enthält eine grundsätzliche ästhetische Schwierigkeit, nämlich die Frage, welches der beiden Elemente den Ton angeben soll. Wird das Kraftwerk durch grosse Fensterwände ausdrücklich als «Fabrik», als «Gebäude» charakterisiert, so lässt sich ästhetisch in keiner Weise klarlegen, wie sich dieses «Haus» auf seiner Rückseite zum Stausee verhält. Es hätte zweifellos etwas Stossendes sich vorzustellen, dass sich ein «Haus» gegen die Masse des angestauten Wassers stemmen muss. Wettingen ist eine Anlage verwandter Art, wo die Maschinenhalle durch ihre grossen Verglasungen als «Gebäude» charakterisiert ist — aber erstens ist dort der Staudamm sehr viel kürzer, sodass das Gebäude schon deshalb dominiert, und zweitens ist es ausdrücklich etwas höher geführt als die Krone des Staudamms, sodass es sich von dessen Masse loslöst.

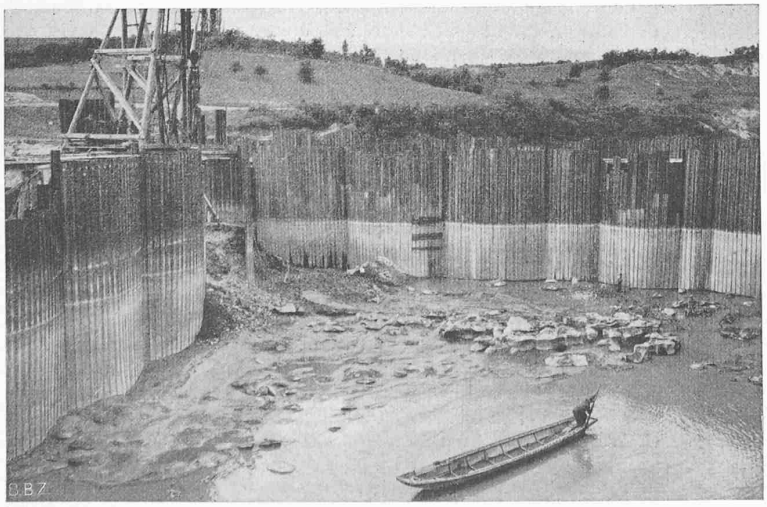

Abb. 15. II. Bauphase: Baugrube nach Umleitung der Rhone

links: Längsfangdamm (I. Bauphase)
rechts: oberwasserseitiger Querfangdamm (II. Bauphase)