

Das Rhone-Kraftwerk Verbois

Autor(en): **Bolens, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **113/114 (1939)**

Heft 27

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-50635>

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.

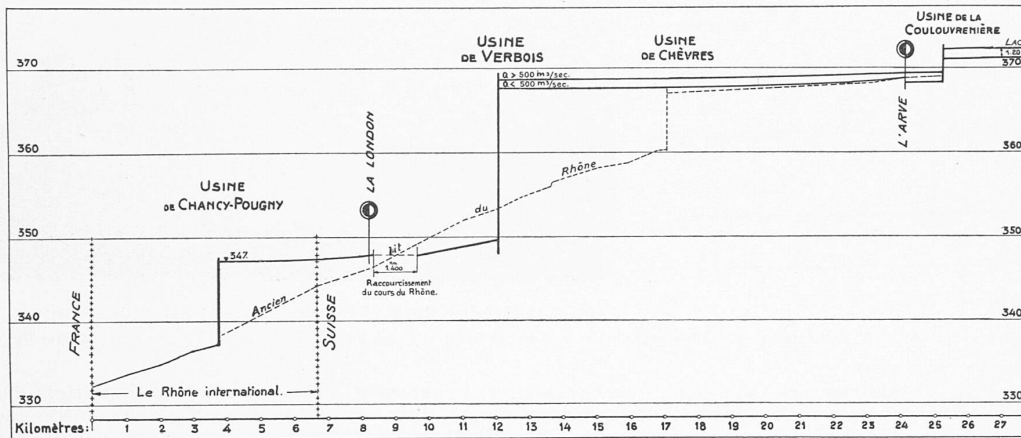


Abb. 1. Längenprofil der ausgebauten Rhone vom Genfersee bis zur Landesgrenze
Längen 1: 200 000, Höhen 1: 800. — Cliché «L'Entreprise»

nung des Oberwasserspiegels übernehmen. Die Durchlassquerschnitte der Grundablässe und Ueberfallklappen sind so reichlich berechnet, dass selbst bei stillstehenden Turbinen drei Wehrröffnungen die nach langjährigen Erfahrungen zu erwartenden Hochwasser abzuführen vermögen, wobei höchstens die stärkste Flutwelle während einiger Stunden durch entsprechende Betätigung des Wehrs beim Pont de la Machine in Genf im Genfersee zurückbehalten werden müsste. Der Antriebsmechanismus der Grundablasschieber ist in den Hohlräumen des Wehrkörpers untergebracht, während Dammbalken den Abschluss einzelner Wehrröffnungen zur Trockenlegung der Grundablässe und Ueberfallklappen bei Revisionen erlauben.

Das Maschinenhaus (Abb. 5), das teils in das heutige Flussbett, teils auf das rechte Ufer zu stehen kommt, umfasst von links nach rechts den 70 m langen Maschinensaal, sodann die verschiedenen Nebenräumlichkeiten, wie Werkstatt, Kabelraum, Bureaux und Kommandoraum mit unmittelbarem Ueberblick über den Maschinensaal und endlich den 12 m langen Revisionsraum für die Transformatoren.

Von den vier vorgesehenen Maschinengruppen werden beim ersten Ausbau nur drei aufgestellt. Jede von ihnen besteht aus einer vertikalachsigen Kaplanturbine, die bei 20,80 m Gefälle und 136,4 Uml/min 31 500 PS abgibt, um dem Generator von 27 500 kVA Leistung, der Drehstrom von 50 Perioden und 18 000 V erzeugt. Bei dieser Leistung verarbeitet jede der drei Turbinen 127,5 m³/sec Wasser, in welcher Zahl die gewaltige Entwicklung der Technik in den letzten dreissig Jahren sprechend zum Ausdruck gelangt, sah doch das erste Projekt vom Jahre 1907 für das Kraftwerk Verbois zur Ausnützung einer Wassermenge von 300 m³/sec noch zwölf Maschinengruppen vor, von denen demnach jede nur 25 m³ pro sec verarbeiten sollte. Der gewährleistete Wirkungsgrad der Maschinengruppen beträgt unter den günstigsten Belastungsverhältnissen 90,5 %. Das Gewicht eines jeden der drei Aggregate setzt sich aus 400 t für die Turbine und 295 t für den Generator zusammen, wobei das schwerste, während des Zusammenbaues als Ganzes zu bewegendes Einzelstück 146 t wiegt. Zur Bewälti-

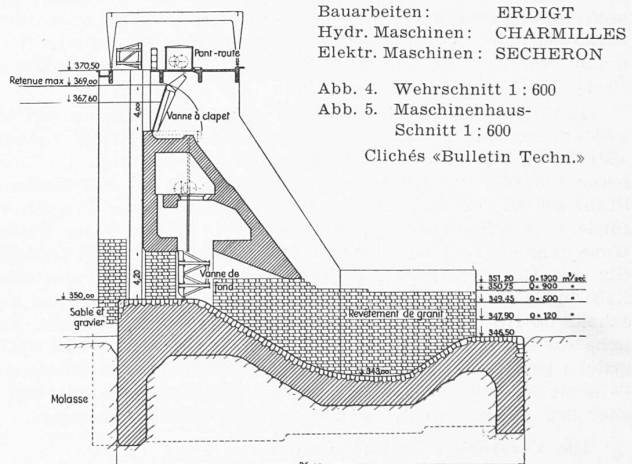
gung dieser Lasten stehen im Maschinenhaus zwei Laufkrane mit einer Tragfähigkeit von je 80 t zur Verfügung.

Von den Arbeiten zur Anpassung der oberhalb des Stauwehres liegenden Flusstrecke an den Aufstau der Rohne und den Betrieb des Werkes sind zu nennen die Vertiefung der natürlichen Flussrinne etwa 2,5 km oberhalb des Wehrs, um die Abschwemmung des Geschiebes zu erleichtern, und der Ersatz einer Strassenbrücke durch einen neuen Uebergang, der vorsorglich so hoch gelegt wird, dass er die künftige Schifffahrt nicht

behindert. Auf diese Brücke kommen wir sogleich zurück. Endlich ist im Hinblick auf die geplante Schifffahrtsverbindung Rhone-Genfersee ein Kanal zur Umgehung des Stauwehrs vorgesehen, der etwas oberhalb der Staugrenze von Chancy-Pougny vom Unterwasserkanal bzw. vom natürlichen Flusslauf abzweigt, sich nach Ueberwindung des Höhenunterschiedes zum Oberwasser durch eine Schleuse dem rechten Talhang entlangzieht und unter Umgehung des bereits beschriebenen rechtsseitigen Abschlussdamms 200 m oberhalb des Maschinenhauses in das Staubecken einmündet (vergl. Abb. 2).

Die Rhonebrücke bei Peney

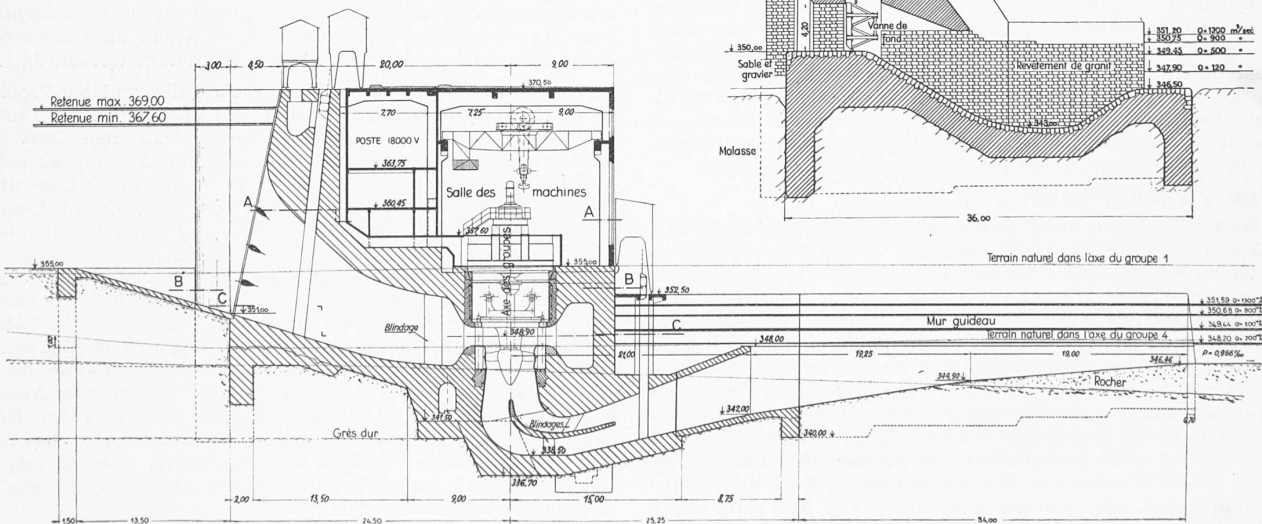
Für diese soeben erwähnte Brücke, die etwas flussaufwärts der heutigen und dem Stauziel entsprechend rd. 13 m höher zu liegen kommt, wurde ein Submissions-Wettbewerb veranstaltet, wobei es den Teilnehmern freigestellt war, ihrem Angebot das offizielle, von R. Maillart ausgearbeitete Projekt in Eisenbeton (Abb. 6 und 7) zu Grunde zu legen, oder selbst einen Entwurf (Eisenbeton- oder Stahltragwerk) auszuarbeiten und anzubieten. Brückeninspektor Prof. F. Hübner, Mitglied des Preisgerichts, berichtet darüber im «Bulletin Technique» vom 7. Oktober. Dem Preisgericht gehörten ferner die Fachleute Kantons-Ing. E. Lacroix, Arch. M. Braillard, Arch. F. Gampert und Prof. A. Paris an. Eingereicht wurden elf Angebote auf den Entwurf Maillart, fünf Varianten in Eisenbeton und drei Entwürfe mit



Bauarbeiten: ERDIGT
Hydr. Maschinen: CHARMILLES
Elektr. Maschinen: SECHERON

Abb. 4. Wehrschnitt 1: 600
Abb. 5. Maschinenhaus-Schnitt 1: 600

Clichés «Bulletin Techn.»



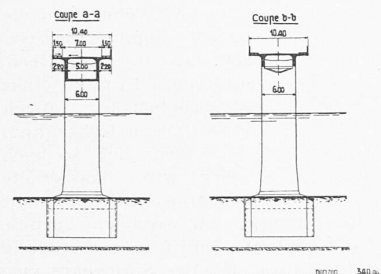
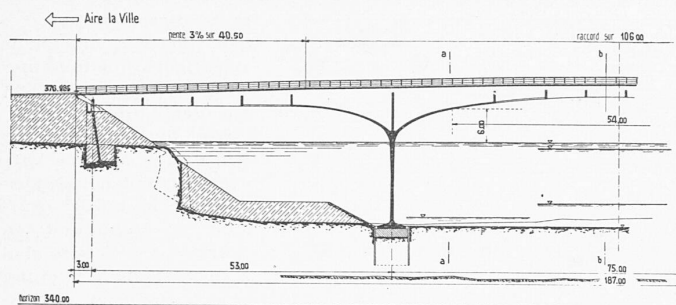


Abb. 7. Schnitte 1:1200 des offiziellen Entwurfs Maillart mit 3 Oeffnng. Offerte Bertelletti 396 000 Fr.

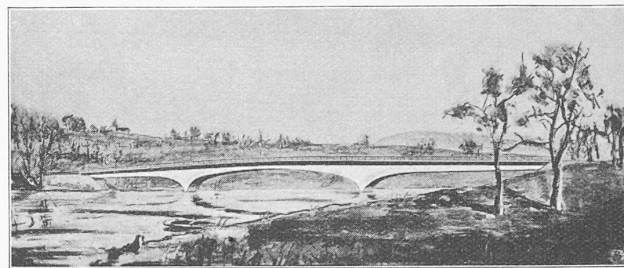


Abb. 6. Offizieller Entwurf für die Brücke Aire La Ville-Peney

die Geologen E. Joukowsky und Prof. M. Lugeon zeitigte das Ergebnis, dass in verhältnismässig geringer Tiefe standfeste und wasserdichte Schichten von Mergel und Sandstein anzutreffen sind, die die Vornahme sämtlicher Arbeiten in offener Baugrube zulassen.

Die zweite Gruppe wissenschaftlicher Vorstudien betraf die Formgebung von Wehr und Unterwasserkanal im Hinblick auf die Bewältigung der Geschiebe, das Kolkproblem und den günstigsten Uebergang des Unterwassers in den Staubeereich von Chancy-Pougny. Bezügliche *Modellversuche durch das Wasserbaulaboratorium der E.T.H.* sind unter Leitung von Prof. Dr. E. Meyer-Peter durchgeführt worden; sie nahmen nicht weniger als elf Monate in Anspruch. Zwei Modelle, von denen jedes eine Fläche von 17 auf 10 m in Anspruch nahm, dienten diesen Versuchen; ein allgemeines der ganzen Wehranlage mit den anschliessenden Strecken von Ober- und Unterwasser im Masstab 1:100 und ein Teilmodell für das Studium der Kolk-Probleme im Masstab 1:50. Eine erste Versuchsreihe diente der Abklärung der günstigsten Gestaltung der Wehröffnungen und des Unterwasserkanals im Hinblick auf die Geschiebeführung der Rhone. In Genf wird von der Arve eine jährliche Geschiebemenge von 150 000 bis 200 000 m³ zugeführt, wovon freilich zur Kies- und Sandgewinnung ein erheblicher Teil noch vor der Mündung der Arve in die Rhone ausgebagert wird. Noch viel bedeutender sind die Mengen schwebend mitgeführter Mineralstoffe, die jährlich 1 600 000 m³ erreichen und die flussabwärts liegenden Staubecken der Rhonekraftwerke mit verhältnismässig rascher Auffüllung bedrohen. Daraus ergibt sich für die Werke die Notwendigkeit, Geschiebe und Sinkstoffe von Zeit zu Zeit aus ihren Staubecken zu entfernen. Dies geschieht bei der Anlage Verbois künftig dadurch, dass der Stauee von Zeit zu Zeit entleert wird, wonach durch eine kräftige Wasserströmung — Seeabfluss — in der früheren Flussrinne eine möglichst grosse Menge jener Ablagerungen talwärts und natürlich auch durch den Unterwasserkanal hinaus befördert wird. Die auf dieses Problem bezüglichen Modellversuche ermöglichten eine zweckmässige Gestaltung der Wehrdurchlässe und führten zu dem vielleicht wichtigsten Ergebnis, dass der Unterwasserkanal nur ein Gefälle von 0,96 ‰ zu erhalten braucht, um die Geschiebe in den Schwemmpereoden weiterbefördern zu können. Damit konnte gegenüber dem ursprünglich vorgesehenen Sohlengefälle von 1,25 ‰ ein wesentlicher Gewinn an Nutzgefälle erzielt werden. Gleichzeitig war es möglich, das Regime der Stauregulierung des talwärts anschliessenden Werkes Chancy-Pougny während der Geschiebe-Ausschwemmungen in Verbois so festzulegen, dass der Erfolg dieser Massnahme als gewährleistet betrachtet werden darf.

Die zweite Reihe der Modellversuche galt dem Kolk-Problem. Es handelte sich darum, einerseits dem Sturzboden des Tosbeckens eine solche Form, andererseits den Wasserströmen aus Grundablass und Ueberfall eine solche Stärke und Richtung zu geben, dass die lebendige Energie dieser Wassermassen infolge ihrer Durchmischung möglichst weitgehend vernichtet wird. Das Ergebnis der entsprechenden Versuche ist einerseits die endgültige, vom Vorprojekt nicht unwesentlich abweichende Festlegung des Längsprofils des Tosbeckens mit tiefem Sturzboden und dessen talseitiger Schwelle, wie es aus Abb. 4 ersichtlich ist, andererseits die Bestimmung der Durchflussquerschnitte der Grundablasschieber und der Ueberfallklappen. Welche wirtschaftliche Bedeutung solche Versuche besitzen, geht beispielsweise daraus hervor, dass durch eine Vergrösserung der senkrechten Ausdehnung des Stauplappenquerschnittes um 50 cm (also Erhöhung des Ueberfall-Anteils) eine solche Beruhigung der Strömung im Tosbecken erreicht werden konnte, dass es möglich war, dessen Abschlusschwelle um 3,80 m zu verkürzen, ohne die Kolkgefahr zu erhöhen.

durchlaufenden Vollwandbalken von drei Öffnungen.

Dem Entwurf von Ing. Fatio (Bauunternehmung: Berteletti) wurde ein Preis von 3000 Fr. zuerkannt und dieser Entwurf dem Bauherrn zur Ausführung empfohlen (Abb. 8). Bei einer Gesamtlänge der Brücke von 186 m sieht der Entwurf die Ueberbrückung in fünf Öffnungen vor, wobei die mittleren drei Öffnungen, die der Schifffahrt dienen sollen, Spannweiten von 38,6 m aufweisen. Das Projekt ist auch durch die kleinste Baukostensumme ausgezeichnet. Ing. A. Sarasin (Bauunternehmung: Rubin) erhielt einen Preis von 2000 Fr. Die Rhone wird nach dem Vorschlag der Verfasser von drei Betonbogen mit den Stützweiten 52,5 m, 55 m, 52,5 m überspannt. Von den Eisenbetonentwürfen wurde noch das Projekt von Ing. Dentan (Unternehmung: Boussiron in Paris) und das der Bauunternehmung Belloni, das die Ueberbrückung mit einem einzigen Bogen versuchte, vom Preisgericht mit einer Erwähnung und 500 Fr. bedacht.

Der von der Eisenbaugesellschaft Zürich vorgelegten Variante mit Stahltragwerk wurde ein Preis von 2000 Fr. zugesprochen. Die Hauptträger sind vollwandige Durchlaufbalken mit einer Mittelöffnung von 75 m und zwei Seitenöffnungen von je 50 m. Einen Preis von 2000 Fr. erhielt die Firma Conrad Zschokke für ihren Entwurf mit stählernem Ueberbau, dessen Hauptträger kontinuierliche Balken mit den Stützweiten 50 m, 65 m, 50 m darstellen. Der dritten Stahlbauvariante, von den Firmen Wartmann, Spinedi und Dumarest & Eckert eingereicht, wurde ein Preis von 1000 Fr. zuerkannt.

Ein Kostenvergleich zeigt die folgenden Ziffern: Mittlere Kosten der fünf besten Angebote auf den offiziellen Entwurf 432 000 Fr.; Mittelwert der Kosten für die Varianten in Eisenbeton 358 000 Fr.; Mittelwert der Kosten für die Varianten in Stahl 406 000 Fr. Das zur Ausführung empfohlene Projekt erfordert eine Bausumme von 324 000 Fr., während der gleiche Unternehmer für den offiziellen Entwurf 396 000 Fr. forderte; für den Kostenvergleich 5 gegen 3 Öffnungen ist also diese Zahl in Betracht zu ziehen. Wesentlichen Einfluss auf den Entscheid dürfte die nach heutiger Auffassung ausgesprochene Vorliebe für den geraden Balken ausgeübt haben, die für eine Stahlbrücke beschränkter Bauhöhe gegebene Form, die in Eisenbeton — auch bei den durch 5 Öffnungen reduzierten Spannweiten — aber drückender wirkt, als der elegante offizielle Entwurf.

Die Vorstudien für das Kraftwerk

Hatten schon die im Verlaufe von über dreissig Jahren aufgestellten Projekte zur Ausnützung der Gefällstufe von Verbois zur Abklärung gewisser grundsätzlicher Fragen hinsichtlich der Anlage des Werkes geführt und unter anderem die Ueberlegenheit des einstufigen Ausbaues und eines Werkes mit Maschinenhauswehr statt eines Oberwasserkanals mit Trennung von Stauwehr und Kraftzentrale nachgewiesen, so sind zur Beantwortung baulicher und betriebstechnischer Fragen, die auch das letzte Vorprojekt und das Ausführungsprojekt selber noch offen gelassen hatten, die modernsten Untersuchungsmethoden herangezogen worden. Die geologischen Aufnahmen des Baugrundes stützen sich auf zahlreiche Sondierbohrungen, die bis in Tiefen von 28 m vorgetrieben wurden. Die Auswertung der Profile durch

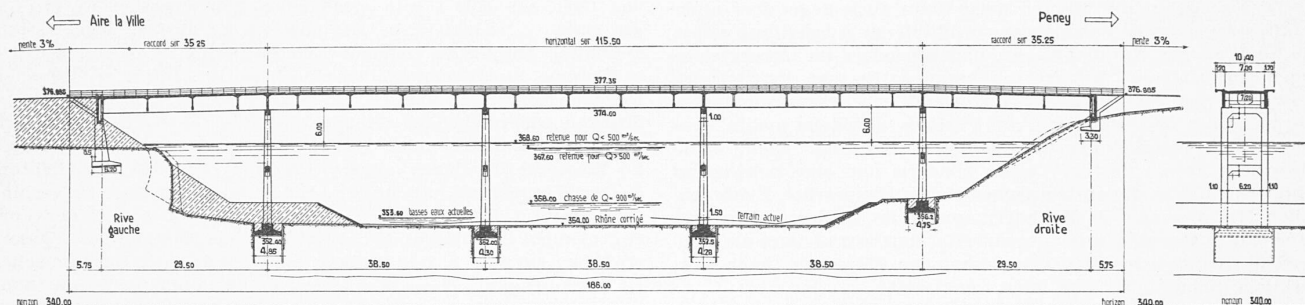


Abb. 8. Zur Ausführung gewählter Submissionsentwurf (324 000 Fr.). Eisenbetonbalken über 5 Öffnungen von Ing. Fatio (Genf). — 1:1200

Im Zusammenhang mit dieser Versuchsreihe konnte auch die Frage abgeklärt werden, welche Strömungsverhältnisse sich herausbilden, wenn die vier Wehrröffnungen nicht miteinander oder ungleich weit geöffnet werden. Es konnte eine Wehrbedienungsverschrift aufgestellt werden, die die Gefahr seitlicher Strömungen und der Entstehung senkrechter Wirbel mit den entsprechenden Kolkbildungen auch dann beseitigt, wenn aus diesem oder jenem Grunde der eine oder andere Grundablass oder Ueberfall geschlossen oder in einem beliebigen anderen Betriebszustand blockiert sein sollte.

Die Bauarbeiten

Für die Fundation von Wehr und Maschinenhaus konnte, wie bereits erwähnt, die Arbeit in offenen Baugruben gewählt werden. Abbildung 9 zeigt die beiden Etappen des Baues, von denen die erste gegenwärtig sich vollzieht. In zwei Baugruben werden gleichzeitig Wehrröffnungen I bis III mit den zugehörigen Pfeilern und die Maschinenfundamente 1 und 2 erstellt, während zwischen den Spundwänden der beiden Baugruben eine 40 m breite Öffnung freibleibt. Um den Durchflussquerschnitt möglichst wenig einzunengen, wird dabei folgendermassen vorgegangen: In einer vorläufigen Baugrube erstellt man zunächst den Wehrpfeiler III. Sobald dessen Mauerkörper das Hochwasser-Niveau erreicht hat, wird die ihn umgebende Spundwand entfernt und die nunmehr zu rammende Spundwand der endgültigen linksufrigen Baugrube flussauf- und -abwärts an den Pfeiler selbst angeschlossen, der so gleichzeitig für sie eine Verankerung bildet. Nach Abschluss dieses Baustadiums wird die linksufrige Baugrube aufgegeben, um dem Fluss nunmehr den Durchlass durch die inzwischen vollendeten ersten drei Wehrröffnungen zu ermöglichen. Hierauf wird, wieder von Pfeiler III an, eine einzige grosse rechtsufrige Baugrube erstellt, die diejenige für die zwei ersten Maschinengruppen mit umfasst und nunmehr die Erstellung der noch auszuführenden Wehrröffnungen und des Restes des Maschinenhausbodens für die dritte und vierte Maschinengruppe gestattet (vgl. hiermit das Kraftwerk Reckingen in Bd. 113, S. 30*).

Die Spundwände der Baugruben werden aus eisernen Lackawanna-Spundwandbohlen verschiedener Profile erstellt; das Z-Profil wiegt volle 197 kg/lfm. Neben einfachen Wänden kommen 6 bis 8 m starke Fangdämme vor. Wo die Kiesschicht jedoch durch die Strömung des Wassers ausgeräumt sein sollte, wie es im Bereich des Durchlasses des ersten Bauabschnittes zu erwarten ist, werden die kastenförmigen Zwischenräume zwischen den beiden Spundwänden und ihren Verbindungswänden bis auf eine gewisse Höhe mit Beton ausgegossen, sodass eine feste Fundamentplatte entsteht.

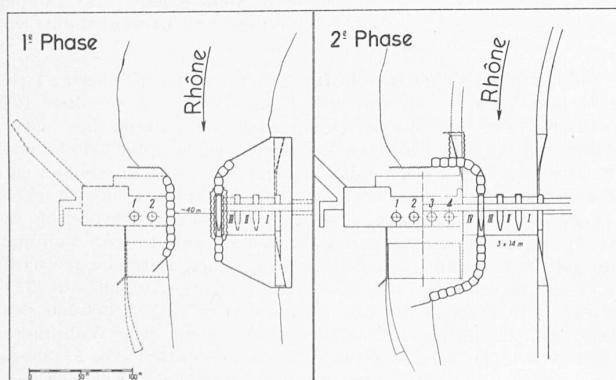


Abb. 9. Schema der Bauetappen beim Kraftwerk Verbois
Clichés von Abb. 6 bis 9 aus dem «Bulletin Technique»

Abschied vom Landesausstellungsjahr 1939



Wenn wir rückschauend uns fragen, was das heute ablaufende Arbeitsjahr auf dem von der «SBZ» beackerten Arbeitsfeld als Wichtigstes gezeitigt hat, so lautet die Antwort eindeutig: die Schweiz. Landesausstellung, nach Form und Inhalt, als Inventar gewissermassen unserer Leistungsfähigkeit im weitesten Sinn, einschliesslich der geistigen und kulturellen. Darunter nimmt die Technik einen hervorragenden Platz ein. Ihre Vertretung an der LA war ebenso wesentlich wie umfangreich, worauf die «SBZ» im nächsten Jahre, in Fortsetzung ihrer bisherigen Berichte, noch einlässlich zurückkommen wird. Heute, zum Jahresabschluss, wollen wir auf den wichtigsten Bilanzposten der LA hinweisen, auf den geistigen, nationalen Nutzeffekt, ihre Auswirkung auf das Schweizervolk in seiner Gesamtheit. Wenn auch darüber unter Allen, die unsere LA mit offenen Sinnen und mit dem Herzen erfasst haben, nur eine Meinung besteht, eine Diskussion sich also erübrigt, scheint es uns doch angezeigt, diesen Eindruck auch an diesem Orte für spätere Zeiten festzuhalten. Wir können dies nicht besser tun, als durch Wiedergabe der Gedanken und Worte, die unser Kollege P. M.¹⁾ dafür gefunden:

Eine Ausstellung mag noch so gut aufgezogen sein — wenn sie, vielleicht gerade infolge architektonischer oder inhaltlicher Raffinements, den Kontakt mit dem Publikum nicht findet, ist sie verfehlt. Die Landesausstellung hat diesen Kontakt in unvorhergesehenem Mass gefunden, und dies, obwohl sie — oder gerade weil sie nicht die geringste Konzession an das machte, was man meistens so unter «Publikumsgeschmack» versteht. Man stellte die Darbietungen auf die positiven Seiten des Publikums ab, nicht auf seinen schlechten Geschmack, und diese Rechnung hat sich als richtig erwiesen — was zugleich eine Ehre für die Veranstalter ist, wie auch für das Publikum.

Die Besucher boten für den aufmerksamen Beobachter einen unerwartet erfreulichen Eindruck: proleitet wurde sozusagen überhaupt nicht. Dass gelegentlich kleine Gegenstände abhanden kamen, ist bei Millionenzahlen an Besuchern unvermeidlich; die oft sehr zart dimensionierten Architekturteile, die ungeschützten Garten- und Rasenflächen wurden mit rührender Sorgfalt respektiert (für Massenandrang waren manche Wege etwas zu knapp bemessen) — Kleinigkeiten, aber Symptome einer inneren Disziplin. Alle Besucher machten nicht nur einen festlichvergnügten, sondern geistig angeregten, irgendwie veredelten Eindruck, der davon herrührte, dass die Ausstellung an ihre besten Seiten appellierte. Sie waren ersichtlich dankbar dafür, dass man sie nicht mit materieller Massenentfaltung an Ausstellungsware und mit architektonischer Monumentalität bedrückte, sie reagierten über Erwarten stark auf die neue, thematische Darstellungsart, die recht grosse Anforderungen an die Intelligenz stellte; geduldig entzifferte man die nicht immer leicht verständlichen und manchmal allzu wortkargen Tabellen usw.; und die sparsam verteilten, und eben deshalb doppelt wirksamen Monumentalakte der Höhenstrasse wurden mit echter Ergriffenheit aufgenommen. Man empfand die Ausstellung als *serios*, man konnte ihr das Gezeigte und Gesagte glauben, man sah, dass sich weder staatlicher noch kommerzieller Bluff breitmachen durfte. Dazu kam, dass mindestens in Zürich ungefähr jedermann in irgendeiner Form an irgendeinem Punkt der Ausstellung mitgearbeitet hatte, wo er sich von der Ernsthaftigkeit der Bemühungen selbst überzeugen konnte, und wo er sah, wie die Ausstellung wirklich aus der Zusammenarbeit aller Volkskreise entstand und nur so entstehen konnte, sodass sich mit Recht jedermann damit verbunden fühlte.

¹⁾ Im Heft 11 des «Werk», betitelt «Der Stil der Landesausstellung, abschliessende Besprechung und Kritik», auf welch treffende Würdigung wir auch unsere Leser mit Nachdruck hinweisen.