

# Das Rhone-Kraftwerk Verbois

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

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

Heft 27

PDF erstellt am: **28.06.2024**

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.

Der Weg auf den wir gedrängt worden sind, war kein guter Weg: wir haben die Bedingungen verschärft, den Bewerberkreis verengert, den «Preis» der *Bezahlung* angenähert, die freie Beurteilung zu einem trockenen, leblosen Abwägen einer Summe von Einzelheiten abdröckeln lassen. Wahrscheinlich sind Notzeiten dem Wettbewerbswesen überhaupt konträr. Wahrscheinlich müssen wir auf natürliche, bescheidene Weise den Bedrängtesten zu einigem Lebensunterhalt verhelfen.

Und müssen uns *grundsätzlich* von der nun leider herrschend gewordenen Meinung abwenden, just der Wettbewerb sei eine gute, sei die gegebene Methode der «Arbeitsbeschaffung» für die krisenbetroffene Architektenschaft. Es mag ein bequemer Weg sein — er scheint uns aber in Sumpf und Verwilderung zu führen. Dort aber, wo Aufgaben auftauchen, die den Wettkampf der Besten herausfordern, *dort* dürfen wir auch heute gerne den Wettbewerb sprechen lassen.

Es wird sich bald zeigen, dass dann unsere «Grundsätze» sich bewähren — auch in der Notzeit — denn sie sind für *echte und wirkliche* Wettbewerbe aufgestellt; für Antworten auf *echte* Fragen, nicht auf Höflichkeitsfragen oder rhetorische Fragen. Wir haben uns in selbstgestellten Fallen gefangen. Wir glaubten immer genauer, immer vorsichtiger, immer ängstlicher werden zu müssen. Und sind klein und engherzig geworden.

Der Wettbewerb ist nun einmal kein Auskunftsmittel für Verlegenheiten und Nöte; er ist die schöne und grossartige Bahn, auf der sich in freiem Wettbewerb Alle messen dürfen — um eine hohe und ehrenvolle Auszeichnung zu gewinnen. Der architektonische Wettbewerb hat keine Magdendienste zu leisten, er ist berufen zu einer königlichen Aufgabe.

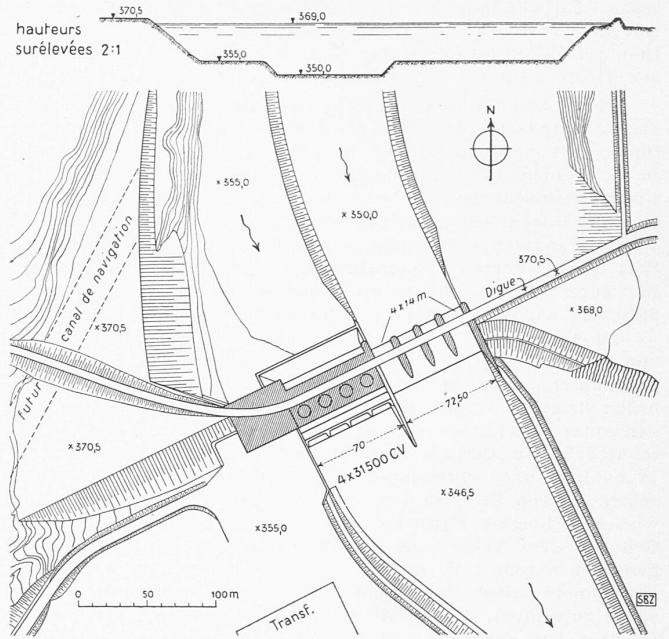


Abb. 3 Lageplan von Wehr und Krafthaus 1:5000. — Cliché «SBZ»

### Das Rhone-Kraftwerk Verbois

Nach einem Vortrag von Ing. F. BOLENS, veröffentlicht mit zahlreichen Abbildungen im «Bulletin Technique» vom 1. Juli 1939

Das gegenwärtig im Bau befindliche Kraftwerk Verbois der «Services Industriels» der Stadt Genf nutzt das Gefälle der Rhone zwischen dem Werk Coulouvrenière<sup>1)</sup> in der Stadt Genf und dem an der Landesgrenze gelegenen Werk von Chancy-Pougny<sup>2)</sup> aus. Der obere Teil dieser Gefällstufe wird zwar bereits heute durch die aus den Neunzigerjahren stammende Zentrale Chèvres<sup>3)</sup> der Stadt Genf ausgenutzt, doch hat man sich entschlossen, diese veraltete Anlage aufzugeben zugunsten der Ausnützung der gesamten erwähnten Konzessionsstrecke mit einem Rohgefälle von 22,50 m in einer einzigen Stufe und einer einzigen, wirtschaftlich arbeitenden Grosszentrale (Abb. 1).

#### Allgemeine Anlage des Werkes

Das Kraftwerk Verbois wird unter Verzicht auf einen Oberwasserkanal als offenes Stromwerk gebaut, dessen Maschinenhaus einen Bestandteil des Stauwehres bildet und mit diesem zusammen einen einzigen Baukörper darstellt. Aus topographischen und geologischen Gründen kommt das Wehr etwa 2,4 km oberhalb der unteren Konzessionsgrenze zu stehen (Abb. 2). Dies bedingt eine Unterteilung des tatsächlich verfügbaren Nutzgefälles von 20,80 m in einen Aufstau des Oberwassers von 16,40 m und eine Absenkung des Unterwasserspiegels gegenüber dem bisherigen natürlichen Flusslauf an der Abschlusstelle um 4,40 m. Diese Absenkung wird durch zwei Massnahmen erreicht. Einmal wird der Unterwasserkanal gegenüber der natürlichen Flussentwicklung durch Abschneiden einiger grosser Schleifen um rund 1250 m verkürzt; auf der andern Seite konnte das Gefälle des Unterwasserkanals auf Grundlage der weiter unten zu beschreibenden Modellversuche sehr niedrig gehalten werden, wobei es aber doch noch einer erheblichen Vertiefung der natürlichen Flusssole bedarf.

Die Kraftwerkanlage selber setzt sich aus zwei seitlichen Abschlussdämmen, dem eigentlichen Wehr und dem Maschinenhaus zusammen (Abb. 3). Diese Bauwerke besitzen zusammen eine Kronenlänge von rund 450 m und überragen die höchste

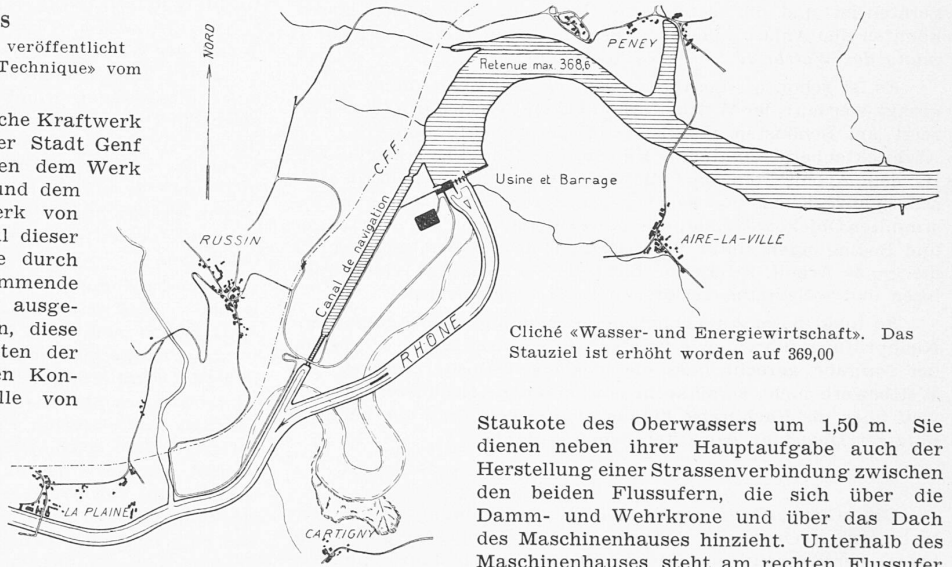


Abb. 2. Uebersichtsplan 1:35000 des Kraftwerkes Verbois im Kanton Genf

Cliché «Wasser- und Energiewirtschaft». Das Stauziel ist erhöht worden auf 369,00

Staukote des Oberwassers um 1,50 m. Sie dienen neben ihrer Hauptaufgabe auch der Herstellung einer Strassenverbindung zwischen den beiden Flussufern, die sich über die Damm- und Wehrkronen und über das Dach des Maschinenhauses hinzieht. Unterhalb des Maschinenhauses steht am rechten Flussufer die Freiluft-Transformatoranlage, wo die Generatorspannung von 18000 V zur Abgabe an das Netz der EOS auf 125000 V hinauftransformiert wird (während die Belieferung der Stadt Genf unmittelbar mit Strom von 18000 V erfolgt).

Die beiden seitlichen Abschlussdämme, von denen der linksufrige eine Kronenlänge von 135, der rechtsufrige eine solche von 90 m aufweist, bestehen aus je einer massiven Betonmauer mit talseitig angeschüttetem Erddamm, welche Bauweise gegenüber den in den Vorprojekten vorgesehenen reinen Schüttdämmen den Vorteil einer grösseren Standsicherheit und einer grösseren Unempfindlichkeit gegenüber Luftangriffen besitzt. Die Höhe der Mauern beläuft sich auf 25 bzw. 24 m. Auf dem rechten Ufer wird dieses Abschlussbauwerk aus geologischen Gründen durch eine bis auf die wasserdichten Untergrundschichten hinabreichende Spundwand mit aufgesetztem Lehmkern in den Hang hinein verlängert, um der Gefahr von Sickerverlusten aus dem Staubecken mit Sicherheit zu begegnen.

Das eigentliche Wehr (Abb. 4) besteht aus vier Oeffnungen von je 14 m Weite. Diese werden abgeschlossen durch das als Betonhohlkörper ausgebildete Verbindungsglied zwischen je zwei benachbarten Wehrpfeilern, durch einen 4,20 m hohen Grundablasschieber und eine Ueberfallklappe von 4,00 m Höhe. Von den letztgenannten Abschlussorganen sind die Grundablasschieber zur Abführung der Hochwasser, vor allem aber für die Geschiebe-Ab-schwemmung bestimmt, während die Stauklappen die Regulie-

<sup>1)</sup> «SBZ» Bd. 3, S. 56\* (22. März 1884).

<sup>2)</sup> Bd. 86, S. 305\*, 335; Bd. 87, S. 241\*, 251\*; Bd. 88, S. 87\*; Bd. 96, S. 261\*, 273\* (1925/30).

<sup>3)</sup> Bd. 20, S. 96\* (1892).

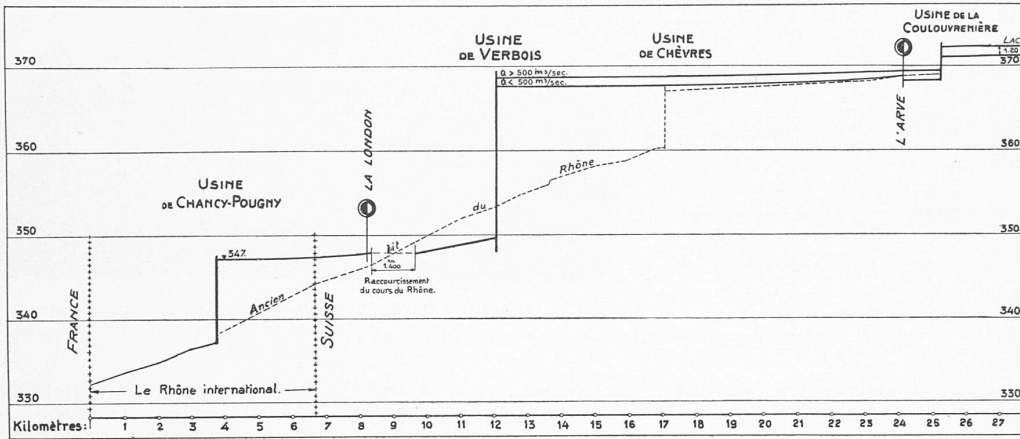


Abb. 1. Längenprofil der ausgebauten Rhone vom Genfersee bis zur Landesgrenze  
Längen 1 : 200 000, Höhen 1 : 800. — Cliché «L'Entreprise»

Der Betrieb des Oberwasserspiegels übernehmen. Die Durchlassquerschnitte der Grundablässe und Ueberfallklappen sind so reichlich berechnet, dass selbst bei stillstehenden Turbinen drei Wehröffnungen 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 zurückgehalten werden müsste. Der Antriebsmechanismus der Grundablasschieber ist in den Hohlräumen des Wehrkörpers untergebracht, während Dammbalken den Abschluss einzelner Wehröffnungen 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, Bureau 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 Kaplan turbine, 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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/sec noch zwölf Maschinengruppen vor, von denen demnach jede nur 25 m<sup>3</sup> 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 bewegende Einzelstück 146 t wiegt. Zur Bewälti-

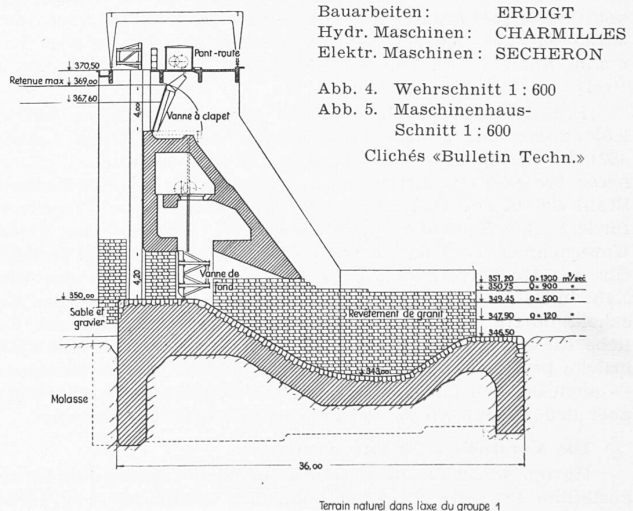
gung dieser Lasten stehen im Maschinenhaus zwei Laufkrane mit einer Tragfähigkeit von je 80 t zur Verfügung.

Von den Arbeiten zur Anpassung der oberhalb des Stauwehres liegenden Flussstrecke 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 Stauwehres 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**

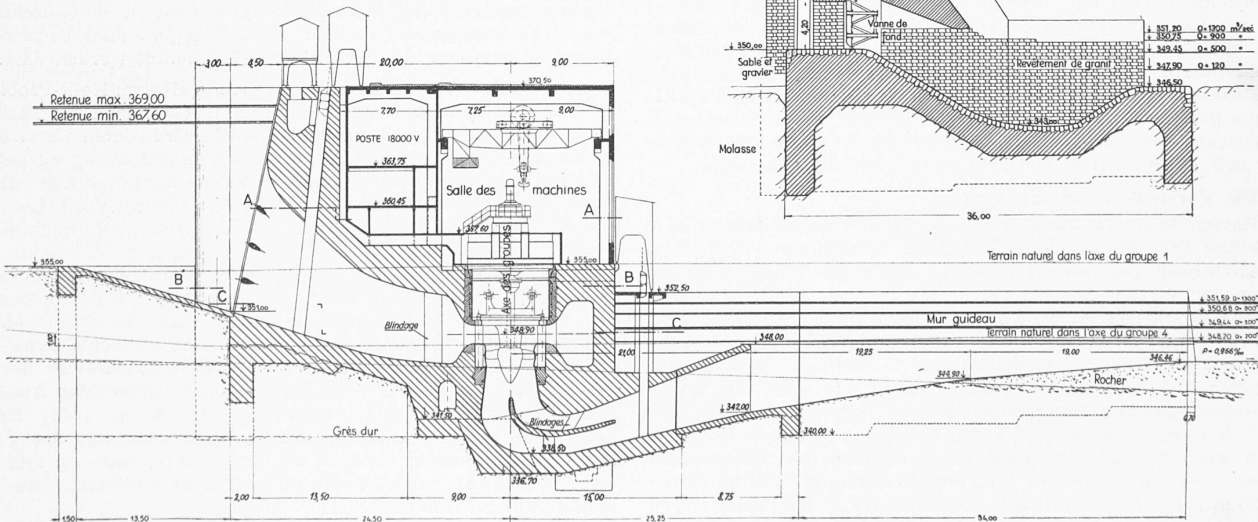
Für diese soeben erwähnte Brücke, die etwas flussaufwärts der heutigen und dem Stauziel entsprechend rd. 13 m höher zu liegen kommt, wurde ein Submissions-Wettbewerb veranstaltet, wobei es den Teilnehmern freigestellt war, ihrem Angebot das offizielle, von R. Maillart ausgearbeitete Projekt in Eisenbeton (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: CHERMILLES  
Elektr. Maschinen: SACHERON

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

Clichés «Bulletin Techn.»



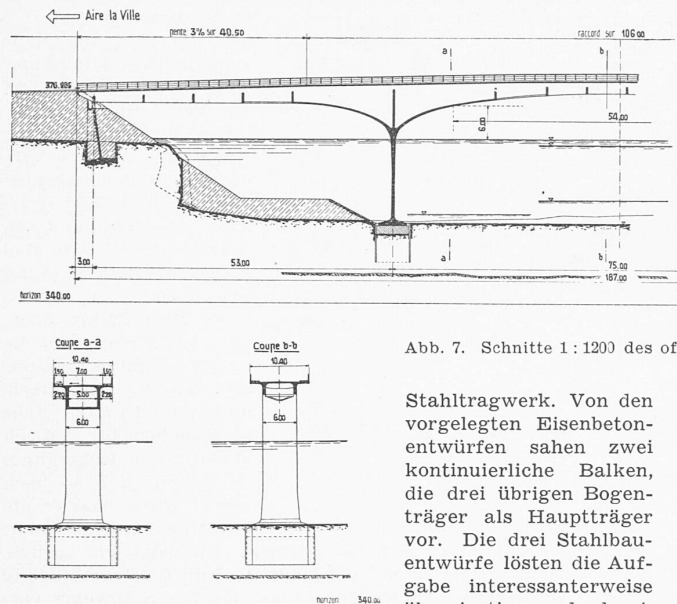


Abb. 7. Schnitte 1:1200 des offiziellen Entwurfs Maillart mit 3 Öffnngn. Offerte Bertelletti 396 000 Fr.

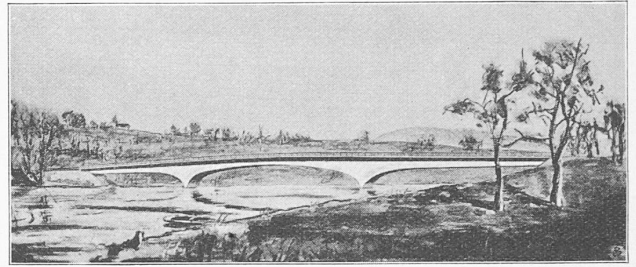


Abb. 6. Offizieller Entwurf für die Brücke Aire La Ville-Peney

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 Baukosten-summe 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

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 Staubecken 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 m<sup>3</sup> zugeführt, wovon freilich zur Kies- und Sandgewinnung ein erheblicher Teil noch vor der Mündung der Arve in die Rohne ausgebagert wird. Noch viel bedeutender sind die Mengen schwebend mitgeführter Mineralstoffe, die jährlich 1 600 000 m<sup>3</sup> 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 Stausee 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 Schwemmp perioden 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 Geschiebeausschwemmungen 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 Stauklappenquerschnittes 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.

