Châtelot : ein neues Grenzkraftwerk an der französisch-schweizerischen Grenze

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **43 (1951)**

Heft 4-5

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-921671

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

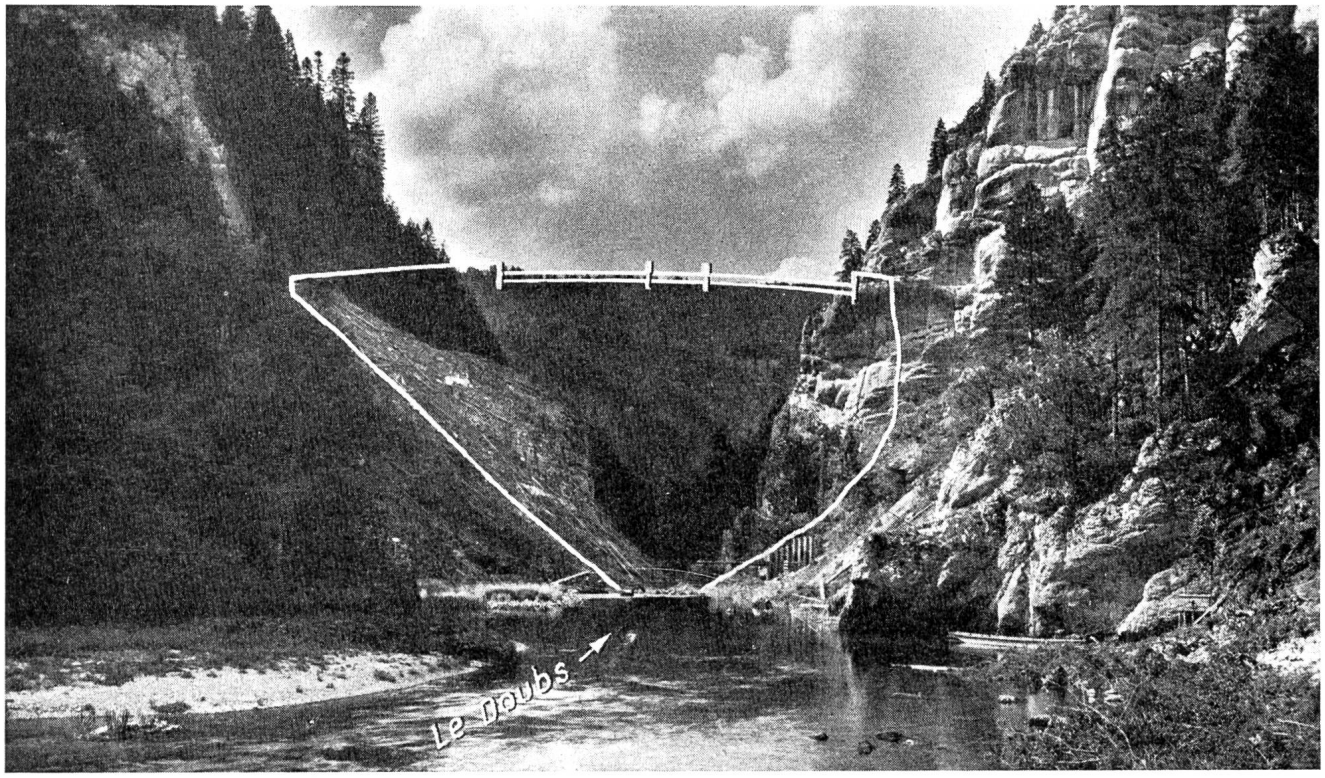

Abb. 5 Kraftwerk Châtelot, Blick auf die Sperrstelle von der Wasserseite

Châtelot — ein neues Grenzkraftwerk an der französisch-schweizerischen Grenze

Mitteilungen der Elektro-Watt, Elektrische und Industrielle Unternehmungen AG in Zürich und der Suisélectra, Société Suisse d'Electricité et de Traction in Basel [1]

I. Einleitung

Im Juli des vergangenen Jahres ist mit den Bauarbeiten für das Kraftwerk Châtelot begonnen worden; mit der Erstellung dieser Anlage finden langjährige Studien und Projekte für die Nutzbarmachung des Doubs an der schweizerisch-französischen Grenze ihre Verwirklichung. Bereits in früheren Jahren wurde die Wasserkraft des Doubs, welcher zwischen dem Lac des Brenets und dem Clos du Doubs bei St. Ursanne auf etwa 40 km die Landesgrenze bildet, in zahlreichen Sägereien, Mühlen und Hammerschmieden ausgenützt; von diesen Anlagen, deren Betrieb infolge der ungünstigen Verkehrslage wieder eingestellt wurde, sind heute zum größten Teil nur noch Ruinen übrig geblieben.

Die Flußstrecke des Doubs, welche durch die Erstellung des neuen Kraftwerkes ausgenützt wird, liegt unmittelbar unterhalb des Lac des Brenets und des bekannten Saut du Doubs (Abb. 1). Die günstigen topographischen Verhältnisse zogen schon seit längerer Zeit die Aufmerksamkeit der Ingenieure auf sich und führten bereits vor dem ersten Weltkrieg zur Aufstellung der ersten Projekte für den Bau einer Wasserkraftanlage bei Châtelot. Da es sich bei dieser Anlage um ein Grenzkraftwerk handelt, war für die Regelung sämtlicher den Ausbau betreffenden Fragen der Abschluß eines französisch-schweizerischen Staatsvertrages erforderlich. Nach langjährigen Verhandlungen der am Ausbau interessierten französischen und schweizerischen Gesellschaften mit den zuständigen Behörden erfolgte im Jahre 1930 der Abschluß des Staatsvertrages, welcher die verschiedenen Konzessionsfragen regelt. Die schweizerische Konzession wurde im Jahre 1947 erteilt; von französischer Seite wurde die Erstellung der neuen Anlage durch interministeriellen Erlaß vom Oktober 1950 bewilligt. Für die Erstellung und den Betrieb des neuen Kraftwerkes wurde im Jahre 1948 eine französisch-schweizerische Gesellschaft, die Société des Forces Motrices du Châtelot mit Sitz in La Chaux-de-Fonds gegründet. Am Gesellschaftskapital sind die Electricité de France mit 50 % und schweizerischerseits der Kanton Neuenburg, die Electricité Neuchâteloise, die Entreprises électriques Fribour-

[1] Vortrag von Dipl.-Ing. A. Spaeni, Elektro-Watt, Zürich, im Linth-Limmatverband am 24. April 1951.

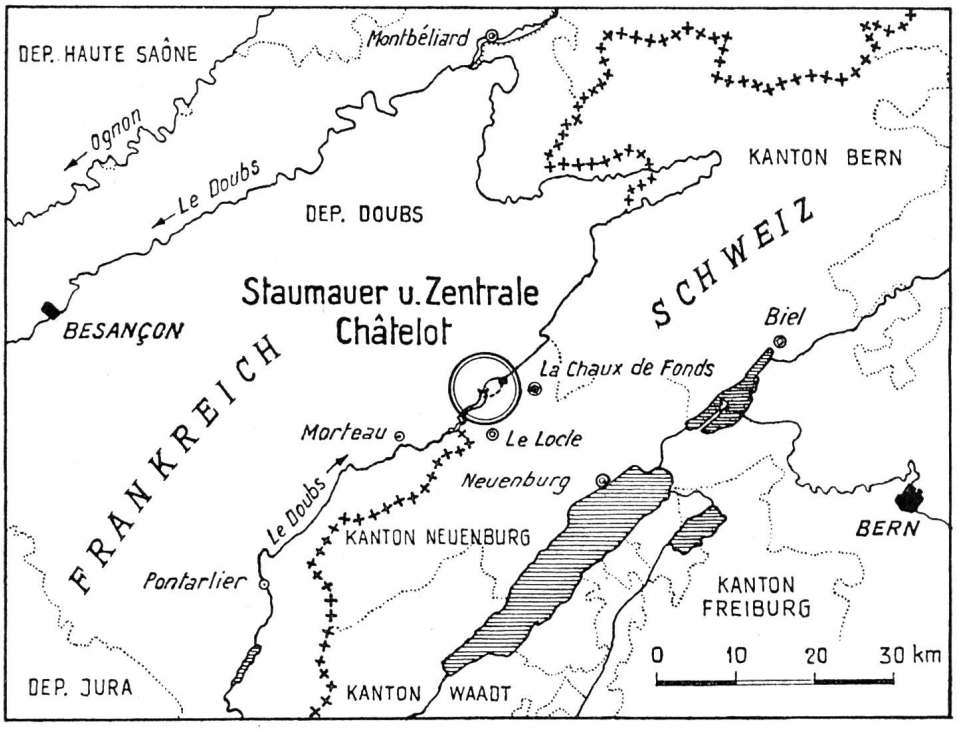

Abb. 1
Kraftwerk Châtelot,
Übersichtskarte 1 : 1 000 000

geoises, die Suisélectra in Basel und die Elektro-Watt in Zürich mit zusammen 50 % beteiligt. Die anfallende Energie wird je zur Hälfte nach Frankreich und nach der Schweiz geliefert.

II. Allgemeine Übersicht

Die Gesamtdisposition der Kraftwerkanlage ist in Abb. 2 dargestellt. Ungefähr in der Mitte der 8 km langen Konzessionsstrecke wird eine 74 m hohe Bogenstaumauer erstellt, durch welche ein Stausee mit 16 Mio m³ nutzbarem Inhalt geschaffen wird (Bruttoinhalt 20 Mio m³). Durch den Aufstau des Doubs um etwa 60 m über den mittleren Wasserstand bei der Sperrstelle kann das natürliche Flußgefälle von 37 m auf ein Bruttogefälle von 97 m erhöht werden. Bei einer Ausbauwassermenge von 40 m³/s wird es möglich sein, das in 24 Std. gespeicherte Wasservolumen im Mittel während 7 Std. bei Vollast auszunützen. Das Kraftwerk Châtelot weist daher weitgehend den Charakter eines Spitzenkraftwerkes auf.

Das Betriebswasser wird auf der rechten Talseite in der unmittelbar bei der Staumauer gelegenen Wasserfassung dem Stausee entnommen und durch den 3 km langen Druckstollen von 3,70 m Durchmesser dem gepanzerten Druckschacht und dem Maschinenhaus zugeführt.

Die installierte Leistung der beiden Gruppen beträgt total 30 000 kW. Unterhalb des Maschinenhauses werden durch die vorgesehenen Baggerarbeiten im Flußbett auf einer Länge von 1,5 km die Abflußverhältnisse verbessert und dadurch ein zusätzlicher Gewinn an Gefälle erzielt. Die mittlere Jahresproduktion beträgt etwa 100 Mio kWh, wovon 57 % im Winter (Oktober/März) und 43 % im Sommer (April/September).

Charakteristisch sind die Abflußverhältnisse des Doubs, dessen Einzugsgebiet bei Châtelot 911 km² beträgt, wovon 846 km² auf französischem und 65 km² auf schweizerischem Gebiet liegen. Die Abflußmengen sind direkt und im stärksten Maße beeinflußt durch die Regen- und Schneefälle. Da der Doubs durch die wenigen und kleinen vorhandenen Seen praktisch nicht reguliert ist (geringe Seeretention), besteht ein starker Wechsel zwischen Hochwasser und Trockenperioden, ohne daß eine gewisse Stabilisation im Bereiche der mittleren Abflußmengen festgestellt werden kann. Die Hochwasser, von relativ kurzer Dauer, können das ganze Jahr auftreten; im allgemeinen konzentrieren sie sich jedoch auf die Wintermonate. Trockenperioden treten ebenfalls während des ganzen Jahres auf, am häufigsten sind sie jedoch zwischen September und November. Diese Trockenperioden können sich über mehrere Wochen ausdehnen.

Der neue Stausee, mit einem Nutzinhalt von 16 Mio m³, entsprechend einer Wasserschicht von 30 m Höhe, wird zu einer wesentlichen Verbesserung der Abflußverhältnisse beitragen, welche sich auch in günstigem Sinne auf die Energieproduktion der zahlreichen, unterhalb der Anlage Châtelot liegenden Kraftwerke auswirken wird.

III. Beschreibung der Anlagen

1. Zufahrtsstraßen

Die bestehenden Zufahrtsmöglichkeiten sind sowohl für die Durchführung der Bauarbeiten, wie auch für den

späteren Betrieb der Anlage ungenügend, so daß für die Staumauer und die Maschinenhausbaustelle neue Zufahrten geschaffen werden mußten. Für den Transport von Installationen und Baumaterialien für die Wasserfassung, den Druckstollen und den Umlaufstollen kann schweizerischerseits die Kantonsstraße von La Chaux-de-Fonds bis nach Les Planchettes, sowie eine bestehende Waldstraße benutzt werden. Das letzte Stück dieser Waldstraße wird durch den späteren Aufstau unter Wasser gesetzt. Als Ersatz dafür sind die Erstellung einer Zufahrtsstraße von 1,2 km Länge zur Staumauerkrone, sowie von neuen Waldwegen von 1,3 km Länge längs des rechtsseitigen Seeufers vorgesehen.

Auf dem französischen Ufer werden die Transporte von Sand, Kies, Zement, Rundeisen für die Staumauerbaustelle von der Bahnstation Villers-le-Lac über eine bestehende Straße bis nach Pissoux und von dort über eine neu zu erstellende Straße von 2 km Länge zur Baustelle durchgeführt. Als Varianten wurde der Bau von Stand- und Luftseilbahnen untersucht; aus wirtschaftlichen Gründen wurde jedoch der Erstellung von Zufahrtsstraßen der Vorzug gegeben. Im Gegensatz hiezu zeigte es sich beim Maschinenhaus, daß infolge der topographischen Verhältnisse der Bau einer Standseilbahn für Personen- und Materialtransporte die günstigere Lösung ist. Nach Beendigung der Bauarbeiten dient diese Seilbahn für den Transport des Bedienungspersonals, für dessen Unterkunft in der Nähe der Bergstation 4 Wohnhäuser erstellt worden sind.

2. Stauraum (Abb. 3)

Der durch den Aufstau des Doubs geschaffene Stausee weist bei einem Stauziel auf Kote 716,00 eine Länge von 3,5 km, eine mittlere Breite von 250 m und eine mittlere Tiefe von 50 m auf. Durch den Aufstau werden keine Wohnsiedlungen betroffen; dagegen werden sowohl auf französischer wie auf schweizerischer Seite ausgedehnte Waldflächen mit einer totalen Holzkubatur von etwa 10 000 m³ unter Wasser gesetzt. Die Arbeiten für das Abholzen dieser Gebiete sind in vollem Gange.

Auf Grund der geologischen Gutachten kann darauf geschlossen werden, daß das Seebecken, welches durch die steilabfallenden Jurakalkfelsen gebildet wird, praktisch dicht ist.

Die Naturschönheiten dieses Juratales werden durch den neu geschaffenen See sowie durch die übrigen An-

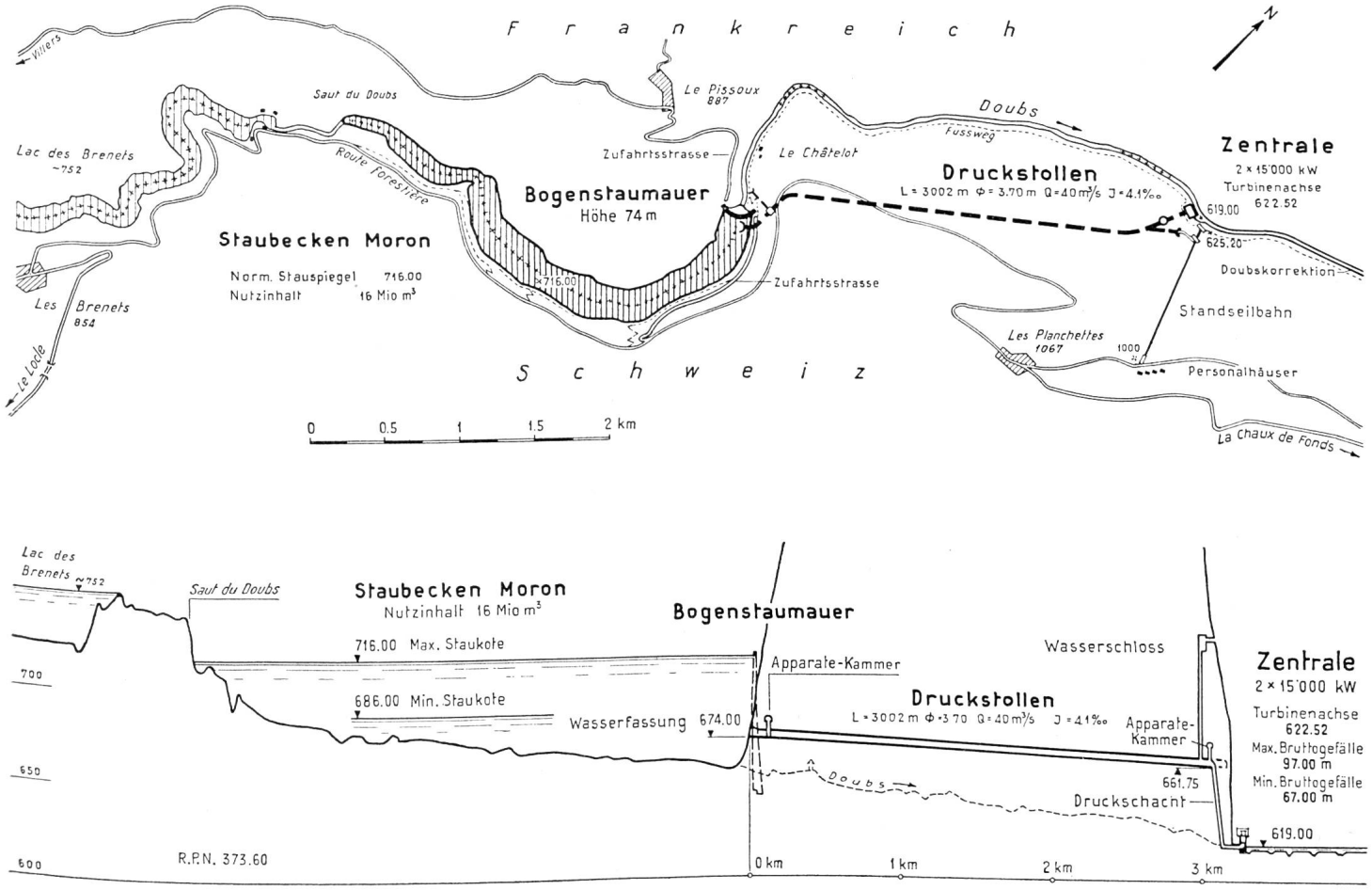

Abb. 2 Lageplan 1 : 50 000 und Übersichtslängenprofil 1 : 50 000 / 4000

Abb. 3
Blick flußaufwärts auf das zukünftige Staubecken

lagen praktisch nicht berührt; es kann im Gegenteil angenommen werden, daß durch den neuen See für den bereits bestehenden Touristenverkehr weitere neue Anziehungspunkte geschaffen werden.

3. Umleitungsstollen (Abb. 4)

Während der Erstellung der Staumauer wird der Doubs durch einen auf dem französischen Ufer liegenden Stollen umgeleitet. Das Schluckvermögen dieses 150 m langen Stollens beträgt bei einem Querschnitt von 29 m² und einem Sohlengefälle von 2,25 % 180 m³/s. Die Rauhigkeit der Sohle wird durch das Aufbringen einer Beton-Ausgleichsschicht verkleinert, im übrigen bleibt das Profil unverkleidet. Nach Beendigung der Bauarbeiten an der Staumauer wird der Umlaufstollen durch ein Betonmassiv von etwa 10 m Länge geschlossen.

Für den oberwasser- und unterwasserseitigen Abschluß der Staumauerbaugrube ist die Erstellung von 2 Erddämmen vorgesehen. Der oberwasserseitige Fangdamm besteht aus einer Materialanschüttung von 9 m Höhe, 34 m Breite und 50 m Länge und einer Dichtungsschürze aus eisernen Spundbohlen mit einer aufgesetzten, armierten Betonwand. Um den Wassereintritt in die Baugrube möglichst klein zu halten, ist die Erstellung eines 4 m tiefen Dichtungsschirmes, bestehend aus Zementinjektionen im anstehenden Kalkfelsen, vorgesehen. Der unterwasserseitige Fangdamm, welcher eine Höhe von 5 m über der bestehenden Flußsohle aufweist, wird in analoger Weise ausgeführt.

Bei Hochwasser von über 180 m³/s strömt das Wasser, welches nicht durch den Umlaufstollen abgeleitet werden kann, über den oberwasserseitigen Damm in die Baugrube und über den untern Fangdamm. Um die Standsicherheit dieser Dämme zu gewährleisten, sind deren Böschungen, welche eine Neigung von 1 : 2 aufweisen, mit Steinsäcken verkleidet.

4. Staumauer

Ungefähr 4 km unterhalb des «Saut du Doubs» durchquert der Doubs den Felsriegel der «Grande Beuge»; das Tal ist an dieser Stelle stark eingeengt durch die auf beiden Ufern anstehenden Felssporne, bestehend aus kompaktem Jurakalk. Durch die vorliegenden topographischen und geologischen Verhältnisse war der Standort der Talsperre gegeben (Abb. 5, Seite 71).

Die Staumauer, ein vertikales, schlankes Gewölbe von 74 m Höhe, stützt sich direkt auf den Fels ab, mit Ausnahme einer kleinen Mauerpartie auf dem linken Ufer oberhalb der Kote 690, wo ein Beton-Widerlager die Druckkräfte aufnimmt. Diese Disposition erwies sich als vorteilhaft, da dadurch eine kleinere Gewölbe-Spannweite und eine symmetrische Anordnung der Staumauer erreicht wurde.

Die auf beiden Ufern ausgeführten Sondierschlitze ermöglichten die Bestimmung der Überlagerung des Felsens mit Humus und Geröll sowie die Felsneigung; mit Sondierbohrungen in Verbindung mit Wasserabpreßversuchen konnte die Qualität der tiefer gelegenen Felsschichten festgestellt werden. Es ist vorgesehen, die Kontaktzone zwischen Fundamentbeton und dem Kalkfelsen durch zahlreiche, auf die ganze Fundamentsohle verteilt angeordnete Injektionen auf eine Tiefe von 4—6 m zu

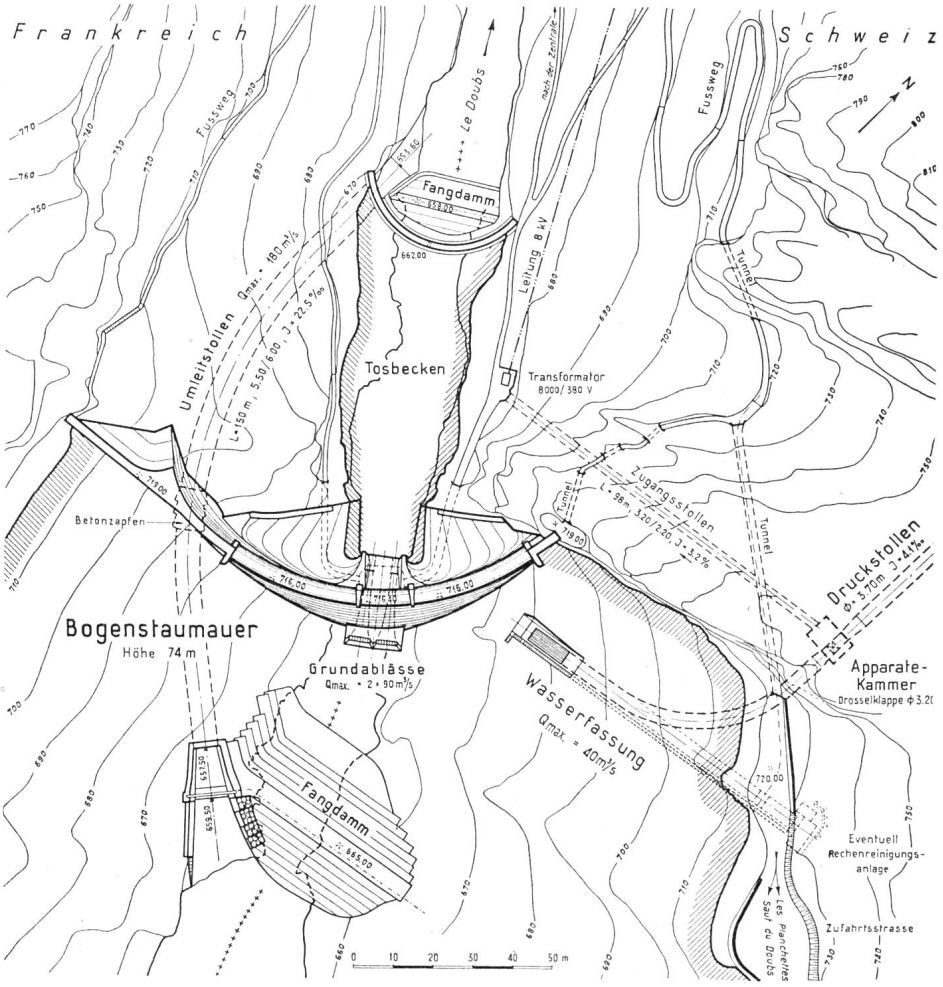

Abb. 4
Staumauer, Lageplan 1 : 2000

konsolidieren. Eine Dichtungsschürze, bestehend aus einem 30—40 m tiefen Injektionsschirm, soll die Sickerströmungen unter der Staumauer auf ein Minimum reduzieren.

Das Ableiten der Hochwasser erfolgt durch zwei im Staumauerfuß auf Kote 656 angeordnete Grundablässe sowie über die als Überfall ausgebildete Staumauerkrone auf Kote 716 (Abb. 6).

Die Betonstärke beträgt an der Staumauersohle bis zum Boden der Schieberkammer auf Kote 661.50 19,0 m; oberhalb dieser Kote verschmälert sich die Mauer bis auf 2 m Stärke auf Höhe der Staumauerkrone. Die Betonstärken der horizontalen Gewölbe sind konstant, mit Ausnahme der Widerlagerpartien, welche verbreiterte Betonquerschnitte aufweisen. Die mittleren Bogenradien variieren zwischen 74 m (auf Kronenhöhe) und 36 m (auf Kote 661.50). Die Kronenlänge beträgt inkl. der Flügelmauer, welche am linken Ufer mit dem Widerlager kombiniert ist, 150 m. Die totale Betonkubatur beträgt etwa 45 000 m³.

Die Staumauer wird in einzelnen, vertikalen Blöcken von 14—16 m Breite ausgeführt, welche durch 1,2 m breite Fugen voneinander getrennt sind. Durch diese Anordnung wird eine genügend rasche Abkühlung des Betons gewährleistet und die Möglichkeit des Auftretens von Schwindrissen auf ein Minimum reduziert. Die Trennfugen werden in einer 1. Etappe durch Ausbetonieren bis auf Kote 686,0 geschlossen. Hierauf erfolgt der Aufstau des Sees bis auf diese Kote und die Inbetriebnahme der Anlage als Laufwerk. Nach dem Aufbetonieren sämtlicher Blöcke bis auf die Staumauerkrone werden die Fugen fertig geschlossen und durch ein eingebautes System von Rohrleitungen mit Zement ausgepreßt.

Größte Wichtigkeit wird der einwandfreien Qualität des Betons zugemessen. Die auftretenden Spannungen sind zwar trotz der relativ geringen Mauerstärken nicht groß; hingegen werden infolge der geringen Abmessungen an den Beton große Anforderungen gestellt hinsichtlich der Dichtigkeit und der Frostbeständigkeit.

Es ist daher vorgesehen, die wasser- und luftseitigen Oberflächen der Staumauer mit einer Zementdosierung von 250—300 kg/m³, den eigentlichen Staumauerkörper hingegen mit einem Beton von 200—250 kg/m³ Zementgehalt auszuführen. Für die Wahl der Zuschlagstoffe sind ausgedehnte Untersuchungen durchgeführt worden. Diese haben gezeigt, daß der im Staumauergebiet anstehende Kalkfels, namentlich hinsichtlich der Frostbestän-

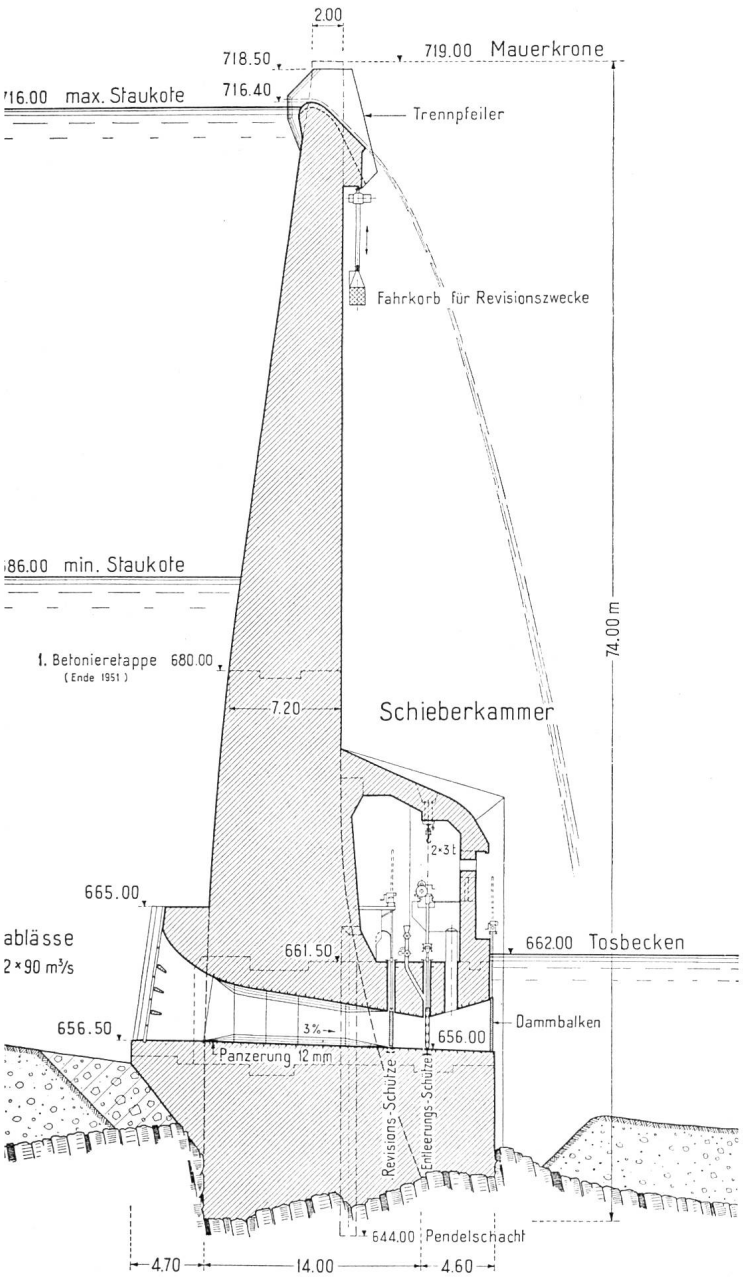

Abb. 6 Querschnitt ca. 1 : 500 durch die Bogenstaumauer

digkeit, eine nicht genügende Qualität aufweist. Für die Bauausführung ist daher die Verwendung des Kiessandgemisches in folgender Zusammensetzung vorgesehen: Quarzhaltiger Sand und Feinkies aus gerolltem Flußmaterial bis zu 30 mm Korndurchmesser (aus bestehenden, am Ognon-Fluß nordwestlich Besançon gelegenen Kiesgruben), gebrochener Grobkies bis zu einem max. Durchmesser von 100 mm (Trochitenkalk aus bestehendem Steinbruch 20 km östlich Besançon). Zur Bestimmung der günstigsten Kiessandzusammensetzung und der Zementdosierung werden gegenwärtig ausgedehnte Betonprüfungen an der Materialprüfungsanstalt der Ecole Polytechnique in Lausanne durchgeführt.

Die statischen Verhältnisse der Bogenstaumauer wurden unter der Annahme untersucht, daß sich der Wasserdruck auf die horizontalen und vertikalen Elemente der Staumauer verteilt. Die Berücksichtigung der Elastizität des Felsens erfolgt in der Weise, daß die Fundamentpressungen und die Spannungen im Gewölbe für verschiedene Verhältniszahlen der Elastizitätsmoduli Beton/Fels bestimmt wurden. Die Temperaturverhältnisse beim Abbinden und Abkühlen des Betons wurden unter Berücksichtigung von verschiedenen Stauspiegellagen und der örtlichen meteorologischen Verhältnisse überprüft. Die max. Druckspannungen infolge Wasserdrucks betragen 40 kg/cm².

Eine Überprüfung der statischen Verhältnisse erfolgte im «Centre de recherches pour l'étude des barrages» in Lausanne, anhand von photo-elastischen Modellen für einzelne Mauerpartien, sowie an einem Modell für die gesamte Staumauer (Abb. 7). Während und nach der Erstellung der Staumauer wird deren Verhalten durch den Einbau eines Pendels, von Clinometern zur Bestimmung der Drehung einzelner Querschnitte, von elastischen Deformetern und Thermometern, laufend überprüft. Im weitern werden durch geodätische Messungen die absoluten Verschiebungen von einzelnen Mauerpunkten bestimmt. Die Gesamtheit dieser Messungen und Beobachtungen an der Staumauer werden es erlauben, die in den theoretischen Untersuchungen gemachten Annahmen zu kontrollieren.

Die beiden im Staumauerfuß angeordneten Grundablässe ermöglichen das Ableiten von Hochwasser bis zu 180 m³/s und sind mit rechteckigen Tafelschützen von 1,5 × 2,0 m, welche vom Maschinenhaus aus elektromechanisch reguliert werden können, verschließbar. Die beiden Eintrittsöffnungen von 5,50 × 7,00 m sind mit einem Rechen versehen. Da die Wassergeschwindigkeiten bei vollem Stausee bis zu 30 m/s betragen, werden die Grundablässe mit 12 mm starkem Panzerblech ausgekleidet, welches mit zahlreichen Schlaudern im Beton verankert wird.

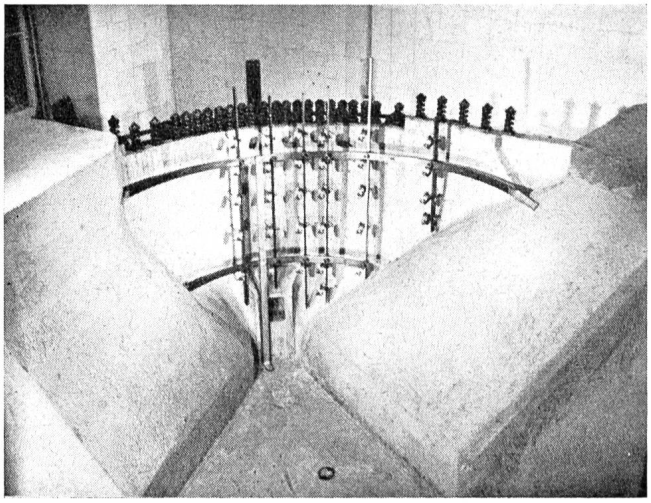

Abb. 7 Staumauer: Modell im Maßstab 1 : 62,5 für die Untersuchung der statischen Verhältnisse

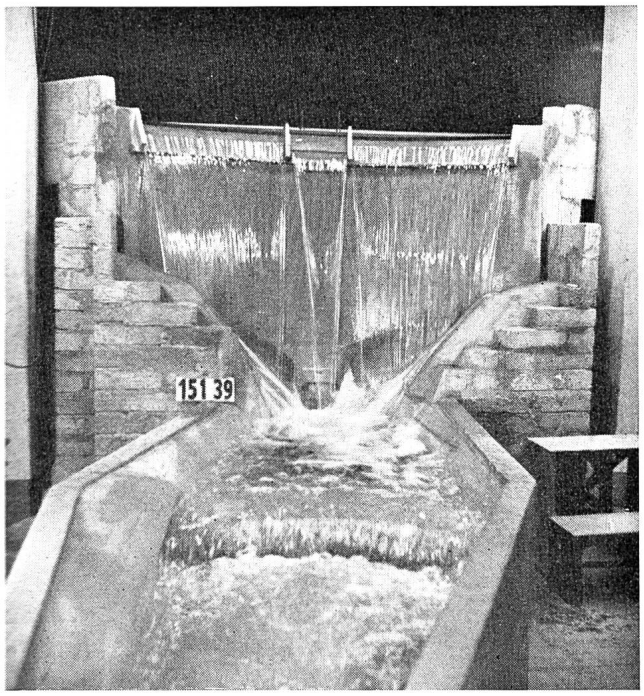

Abb. 8

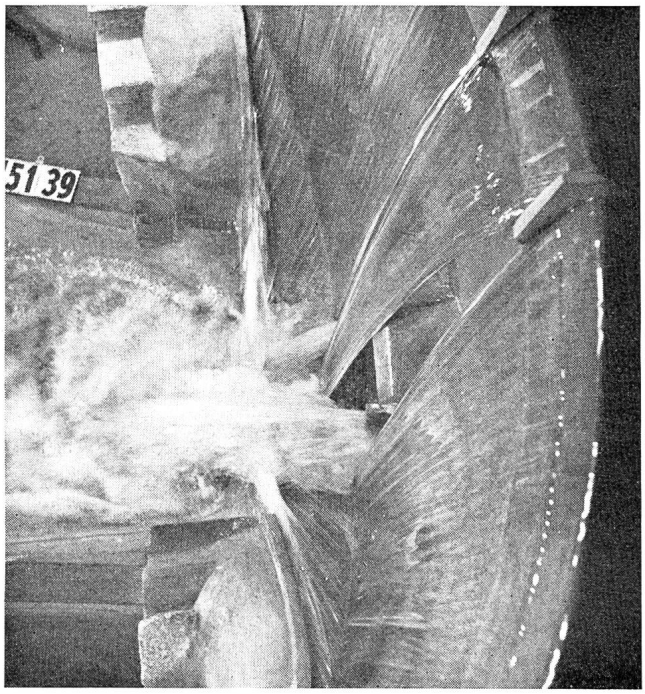

Abb. 9

Staumauer-Modellversuch im Maßstab 1 : 40. Ableitung eines Hochwassers von 400 m³/s (220 m³/s über die Staumauerkrone, 180 m³/s durch die Grundablässe)

Um Revisionen an den Schützen auch bei vollem Stausee durchführen zu können, ist der Einbau einer Revisionsschütze oberhalb der eigentlichen Schützen, sowie einer kleineren Schütze am untern Auslauf der Grundablässe, vorgesehen.

Die oberhalb der Einlaufrechen angeordneten Dammbalkennischen ermöglichen das Einsetzen von Dammbalken bei abgesenktem Seespiegel und damit die Revision des Rechens und der Panzerung.

Zur Ableitung extremer Hochwasser mit Spitzen über 180 (bei abgestellter Zentrale) resp. 220 m³/s (bei Betrieb der Anlage) ist die Staumauerkrone auf 80 m Länge in Form eines Überlaufbauwerkes ausgebildet. Zwei auf der Staumauerkrone angeordnete Trennpfeiler im Abstand von 15 m unterteilen den Überfallstrahl in 3 Lamellen, wodurch eine genügende Belüftung des Überfallstrahles gewährleistet ist. Die über die Staumauerkrone strömenden Wassermassen werden in zwei seitlich angeordneten Rinnen gesammelt und dem Tosbecken zugeleitet. Durch die Erstellung einer kleinen, etwa 90 m unterhalb der eigentlichen Staumauer liegenden Bogenmauer von 10 m Höhe wird ein Tosbecken geschaffen, in welchem die Energie des aus den beiden Grundablässen und über die Staumauerkrone strömenden Wassers vernichtet wird und damit das Auftreten von schädlichen Kolken verhindert. Die bei Hochwasserabflüssen auftretenden Strömungsverhältnisse wurden im Wasserbaulaboratorium der Ingenieurschule in Lausanne an einem zweidimensionalen Modell im Maßstab 1 : 25 und an einem dreidimensionalen Modell im Maßstab 1 : 40 eingehend untersucht. Auf Grund dieser Modellversuche konnte festgestellt werden, daß die Ableitung von Hochwasserspitzen von 400—500 m³/s sehr gut möglich ist, ohne irgendwelche Bauwerkteile zu gefährden (Abb. 8 und 9).

5. *Wasserfassung* (Abb. 10)

Die Wasserfassung ist auf dem schweizerischen Ufer in unmittelbarer Nähe der Staumauer angeordnet. Die Einlaufschwelle liegt auf Kote 674, d. h. 42 m unterhalb des Stauziels Kote 716. Die Eintrittsöffnung von 3,70×17,0 m ist mit einem Rechen von 30 mm Spaltweite versehen.

Die Dispositionen für den event. Bau einer Rechenreinigungsanlage sind getroffen; die Erstellung dieser Anlage ist jedoch erst in Aussicht genommen, wenn sich dies nach Inbetriebnahme als nötig erweisen sollte.

Die Apparatekammer liegt in 90 m Entfernung von der Wasserfassung; der Zugang zu der Kammer wird durch einen 100 m langen Zugangsstollen von 2,2 × 3,2 m ermöglicht. Die mechanische Installation umfaßt eine Drosselklappe von 3,20 m Durchmesser, welche sowohl örtlich durch Druckknopfbetätigung als auch vom Maschinenhaus aus durch Fernsteuerung geschlossen werden kann, sowie einen Laufkran von 12,5 t Tragkraft. Das Öffnen der Drosselklappe erfolgt an Ort und Stelle durch Einschalten des Servomotors.

6. *Druckstollen*

Auf Grund der geologischen Gutachten ist zu erwarten, daß der Druckstollen auf seiner ganzen Länge von 3 km in standfesten Kalkfelsen zu liegen kommt. Das Gefälle beträgt 4,1 ‰, der Durchmesser 3,70 m. Als Verkleidung

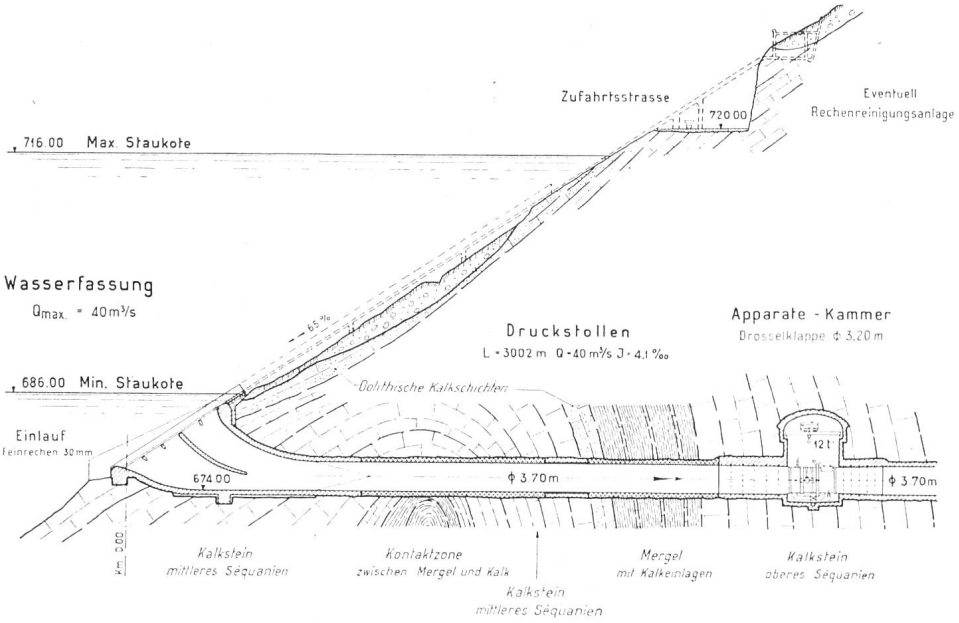

Abb. 10
Längsschnitt 1 : 1000
durch die Wasserfassung

ist im standfesten Gebirge ein Betonmantel von 20 cm theoretischer Stärke vorgesehen. An denjenigen Stellen, an welchen sich beim Ausbruch größere Risse zeigen sollten, wird die Verkleidung des Stollens durch einen armierten Gunitring verstärkt; bei nicht standfestem Gebirge wird ein zusätzlicher, armierter Betonring eingebaut (Abb. 11).

Durchgeführte Betonversuche ergaben, daß das Felsaushubmaterial für die Betonverkleidung (Dosierung von PC 250) verwendet werden kann; das Installieren der erforderlichen Kiesaufbereitungsanlagen für die Herstellung der Betonzuschlagstoffe ist sowohl bei dem obern als auch bei dem untern Stollen-Los vorgesehen.

Die Frage, ob an Stelle der üblichen Ausbildung des verstärkten Profils (Gunitring) eine Spezialausführung nach System Freyssinet oder Kieser zur Ausführung gelangen soll, wird gegenwärtig noch untersucht. In Anbetracht der voraussichtlich günstigen Felsverhältnisse dürfte die Anwendung eines dieser Systeme aus wirtschaftlichen Gründen jedoch kaum in Frage kommen.

Vor dem Betonieren oder eventuell nach Beendigung der Bauarbeiten für den Druckstollen werden, sofern es sich als nötig erweisen sollte, Abpreßversuche durchgeführt, um die Wasserdurchlässigkeit und die Elastizität des Felsens festzustellen.

7. *Wasserschloß*

Das Wasserschloß (Abb. 12) konnte infolge der günstigen topographischen Verhältnisse in unmittelbarer Nähe von Druckschacht und Zentrale angeordnet werden. Die konstruktive Durchbildung des Bauwerkes wurde weitgehend durch zwei Forderungen, die durch den Typus der Anlage, sowie durch die Betriebsführung gegeben wurden, bestimmt. So mußte erstens eine Wasserschloßform gewählt werden, die hydraulisch allen praktisch eintretenden Betriebsfällen im ganzen Bereich zwischen dem höchsten Bruttogefälle von 97 m und dem kleinsten von 67 m Genüge leistet. Zweitens mußte verhütet werden, daß die Absenkung des Wasserspiegels im Wasserschloß beim Öffnen der Turbinen den Wert

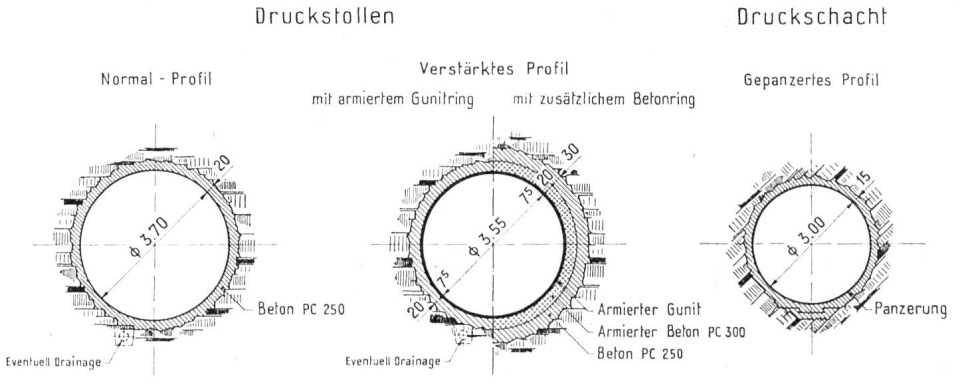

Abb. 11
Profiltypen 1 : 200

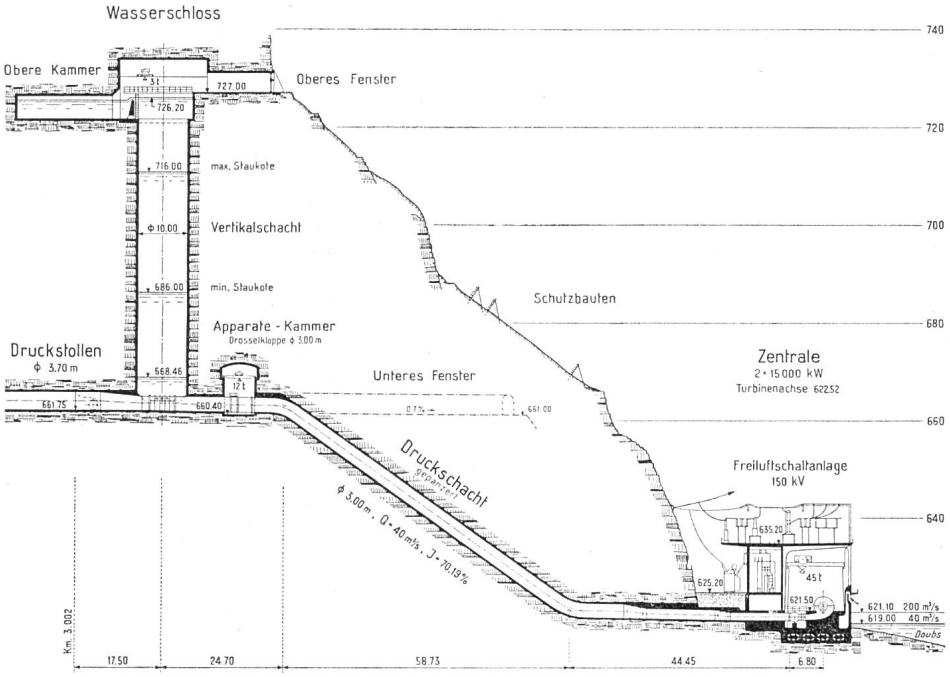

Abb. 12
Wasserschloß, Druckschacht und Zentrale
Längenprofil 1 : 1600

von 30 % des zugehörigen Nettogefälles überschreitet. Diese beiden Forderungen führten zur Wahl eines senkrechten Steigschachtes von 10 m Durchmesser und rund 56 m Höhe, sowie zur Anordnung einer Drosselung in Form einer Blende von 3,50 m² Durchflußfläche zwischen Druckstollen und Steigschacht. Die Notwendigkeit einer unteren Kammer fällt durch diese Anordnung dahin. Hydraulische Berechnungen haben ergeben, daß der gewählte Schachtquerschnitt mit 10 m Durchmesser auch für die Stabilitätsverhältnisse bei Regulierung auf konstante Leistung genügt. Zur Aufnahme des bei plötzlichen Entlastungen anfallenden Stollenwassers wurde auf Kote 721.50, d. h. 5,50 m oberhalb des maximalen Wasserspiegels, im Staubecken eine Reservoirkammer mit einem ausnutzbaren Volumen von 640 m³ angeordnet. Die Kammer besitzt eine Grundfläche von 160 m² und ist durch einen Überfallkragen von 4,0 m Höhe vom Steigschacht getrennt. Der Rückfluß des Wassers in den Steigschacht erfolgt durch zwei im Überfallkragen angeordnete Drosselöffnungen von total 1,20 m² Durchflußfläche.

Das Wasserschloß ist nicht nur für die klassischen Fälle des Öffnens und des Schließens, sondern auch für die im praktischen Bereich liegenden Betriebsfälle Öffnen-Schließen und Schließen-Öffnen dimensioniert worden. Die maximale Wasserspiegel-Absenkung erreicht gemäß Berechnung die Kote 668.46, während der Druckstollenscheitel in der Achse des Wasserschlosses auf Kote 665.00 liegt. Die Formgebung der Drosselung zwischen Stollen und Steigschacht, die in beiden Strömungsrichtungen annähernd die gleichen Druckverluste erzeugen soll, bildet zurzeit Gegenstand von Modellversuchen.

Vom Wasserschloß führt ein kreisrunder gepanzerter Druckschacht von 3 m Durchmesser zum Kraftwerk; an seinem oberen Ende ist er mit einer Sicherheitsdrosselklappe versehen, die bei Übergeschwindigkeiten im Druckschacht automatisch geschlossen wird und die auch vom Maschinenhaus aus bedient werden kann.

An seinem untern Ende gabelt er sich sukzessive in die vier Zulaufleitungen zu den Turbinen, deren Durchmesser sich bis zu den Autoklav-Regulierschiebern von 1,50 auf 1,15 m reduziert.

8. *Maschinenhaus* (Abb. 13, 14, 15 und 16)

Das Maschinenhaus liegt hochwasserfrei am rechten Ufer des Doubs. Aus den durchgeführten Sondierungen geht hervor, daß es auf Fels fundiert sein wird. Es ist in Eisenbeton vorgesehen. Der Maschinenhausboden liegt auf Kote 621.50. Der Maschinensaal erhält zwei horizontalachsige Aggregate bestehend aus je einem Dreiphasengenerator von 20 400 kVA, Leistung 8 kV, 50 Per./s, 750 U./min., angetrieben von zwei fliegend montierten Francis Turbinen von je 11 000 PS, welche je 10 m³/s verarbeiten. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß es bei Niederwasser möglich sein wird, eine Turbine auszukoppeln und das Aggregat nur mit einer Turbine wirtschaftlicher anzutreiben.

Jedem Aggregat entspricht ein Dreiwicklungstransformator 8/60/150 kV.

Die Nebenräume, Kommandoraum, Kabelraum, Bureauräume usw. werden in einem Gebäude flußabwärts vom Maschinensaal angebracht. Die Haupttransformatoren liegen unter einem Eisenbetonvordach zwischen dem Maschinensaal und dem Gebirge. Die Freiluftappa-

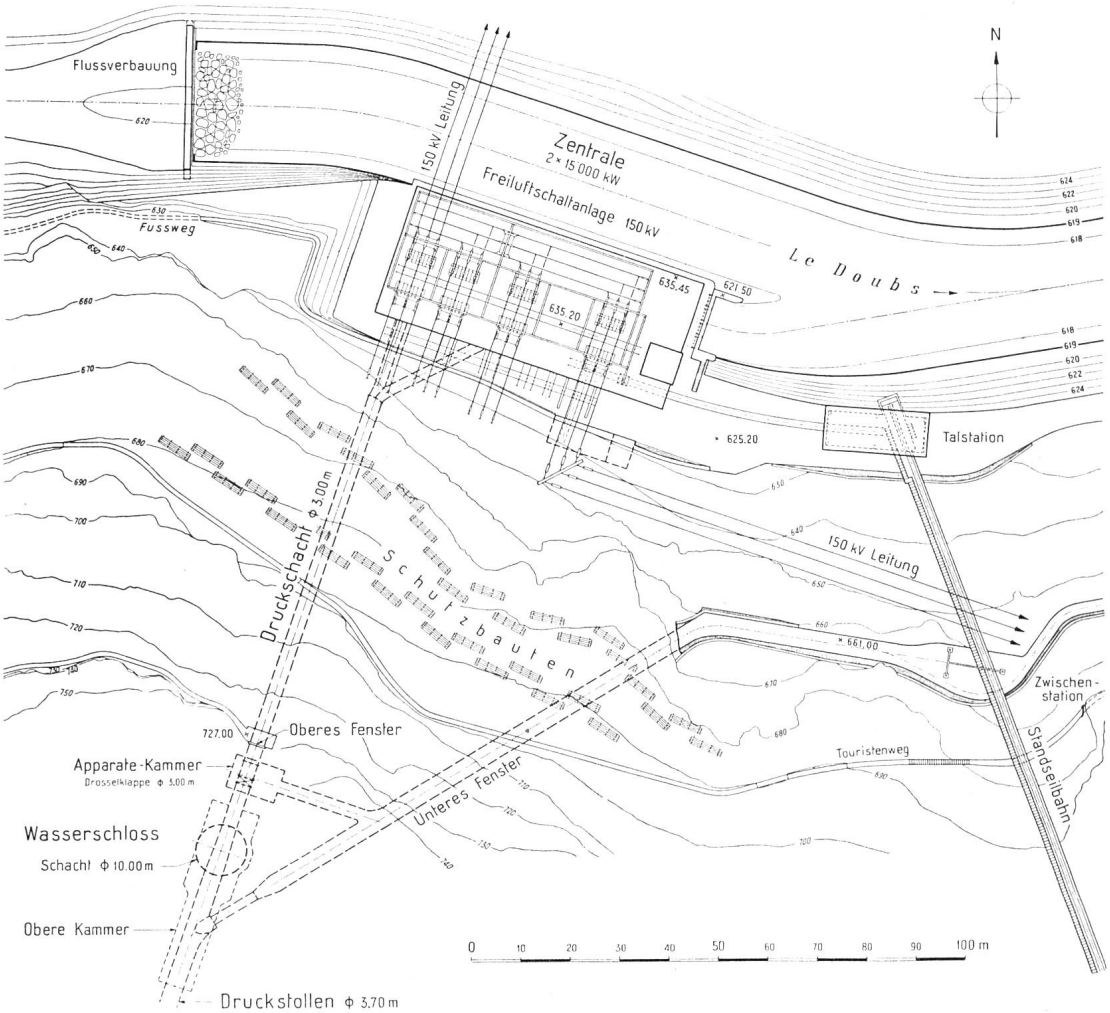

Abb. 13
Lageplan 1 : 1600 von Wasserschloß, Zentrale, Freiluftschaltanlage und Zufahrt

ratur befindet sich auf dem Flachdach des Maschinenhauses, da in dem engen Tal kein geeigneter Platz dafür vorhanden war.

Die mittlere mögliche Energieerzeugung wurde auf Grund der in Châtelot gemessenen Abflußmengen des Doubs für die 24 Jahre 1925/26—1948/49 ermittelt, unter der Voraussetzung, daß das Kraftwerk als Spitzenkraftwerk arbeiten werde. Sie beträgt, wie bereits erwähnt, 100 Mio kWh, davon 57 % Winter- und 43 % Sommerenergie.

Außer der Erzeugung elektrischer Energie soll das Kraftwerk Châtelot gleichzeitig als Festpunkt im Netz der Electricité Neuchâteloise S. A. ausgebaut werden. Zu diesem Zweck ist der Platz für einen dritten Transformator 60/150 kV vorgesehen sowie die entsprechende Apparatur, so daß nicht nur die erzeugte Energie auf 60 bzw. 150 kV hinauftransformiert werden kann, sondern eventuell auch Energie aus dem französischen bzw. freiburgischen Netz auf 60 kV.

Die vorhandene 60 kV-Exportleitung Corbatière—Etupes liegt etwas östlich von Les Roberts. Sie wird mit einem neuen Strang 150 kV versehen und durch eine 150 und 60 kV-Leitung mit dem Kraftwerk verbunden. Außerdem sollen zwei weitere 60 kV-Leitungen vom Kraftwerk direkt nach dem Netz der Electricité Neuchâteloise S. A. abgehen.

Um diesen Anforderungen zu genügen, mußte das Maschinenhaus wesentlich größer gebaut werden, als ursprünglich vorgesehen war.

9. *Doubskorrektion*

Etwa 7 km flußabwärts, vom Maschinenhaus bis Maison Monsieur, weist der Doubs nur ein geringes Gefälle auf. Durch Regulierung des Doubs-Bettes auf einer Länge von etwa 1 km werden etwa 2½ m Gefälle gewonnen. Das neue Bett erhält ein halbkreisförmiges Profil mit einem Gefälle von 0,6 ‰.

10. *Kontrolle der Abflußverhältnisse*

Zur Kontrolle des zum Stausee fließenden Wassers wird ein Limnigraph am Auslauf des Brenets-Sees errichtet, dort wo sich der Limnimeter des Wasserwirtschaftsamtes befindet. Dieser Limnigraph wird mit dem Maschinenhaus verbunden. Gleichzeitig wird der Wasserspiegel des zukünftigen Stausees im Maschinenhaus registriert sowie der Wasserstand des Doubs am Auslauf des Maschinenhauses.

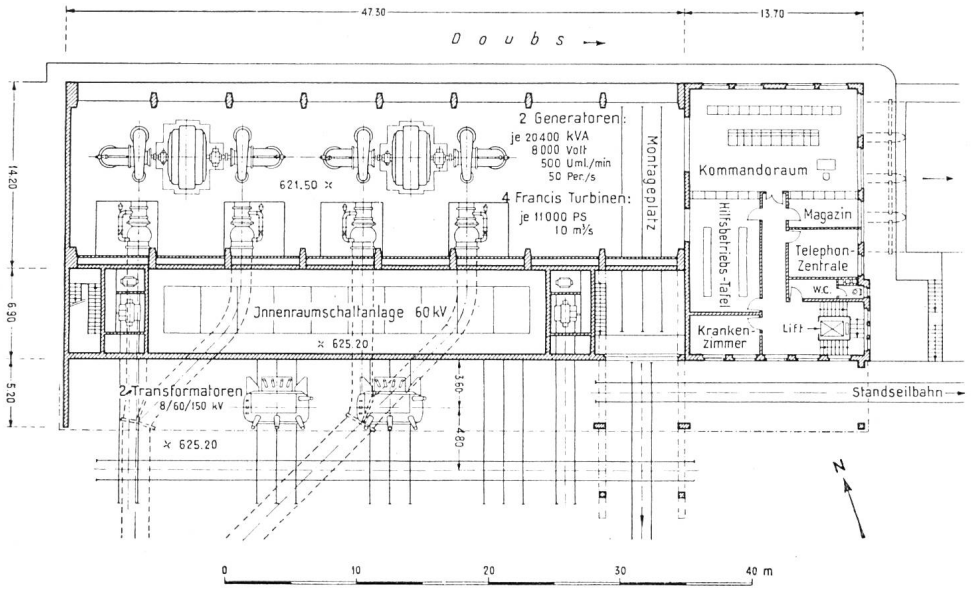

Abb. 14
Grundriß der Zentrale 1 : 600

11. Bauausführung und Baukosten

Die Bauarbeiten für die Erstellung der neuen Kraftwerkanlage sind in 2 Lose unterteilt; die Losgrenze liegt in der Mitte des Druckstollens. Entsprechend den in den schweizerischen und französischen Konzessionen enthaltenen Bedingungen sind sowohl schweizerische als auch französische Bauunternehmungen und Maschinenlieferanten beteiligt.

Die Bauarbeiten für das obere Los, umfassend die Zufahrtsstraße, Staumauer, Umlaufstollen, Wasserfassung und die obere Hälfte des Druckstollens wurde der Unternehmergruppe AG Heinr. Hatt-Haller, Zürich, S. A. Theg, Travaux Hydrauliques et Entreprises Générales, Paris und A. Biéri et frère, La Chaux-de-Fonds, übertragen. Die umfangreichen Injektionsarbeiten bei der Staumauer werden gemeinsam durch die Swissboring, Zürich, und die Firma «Solétanche», Paris, durchgeführt.

Das untere Los, umfassend die untere Hälfte des Druckstollens, Wasserschloß, Druckschacht, Maschinenhaus und die Doubs-Korrektion wird durch ein Konsortium, bestehend aus den Firmen Madliger AG, Neuenburg, Losinger & Cie., Bern, AG Conrad Zschokke, Zürich und Entreprises Campenon-Bernard, Paris, ausgeführt.

Mit den ersten Bauarbeiten für die Erstellung der Zufahrtsstraßen und der Standseilbahn sowie den umfangreichen Bauplatzinstallationen ist, wie bereits erwähnt, im Juli des vergangenen Jahres begonnen worden. Als hauptsächlichste Installationen sind vorgesehen:

für die Staumauer: eine Betonieranlage mit einer mittleren Tagesleistung von 160 m³ und den zugehörigen Kiessandsilos von 1000 m³ Fassungsvermögen, drei Turmdrehkrane auf einer bogenförmig angeordneten Dienstbrücke,
Bagger und Pneufahrzeuge.

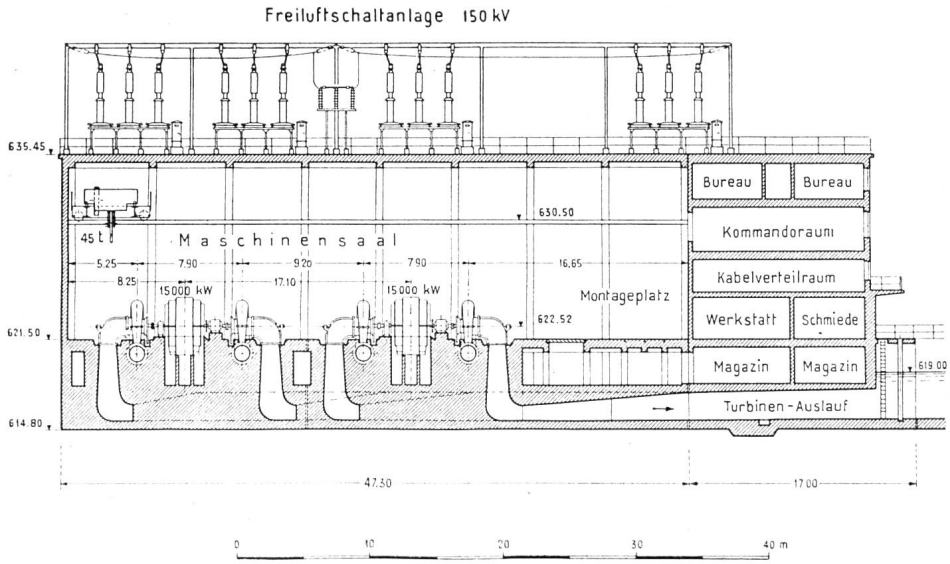

Abb. 15
Längsschnitt 1 : 600
durch die Zentrale

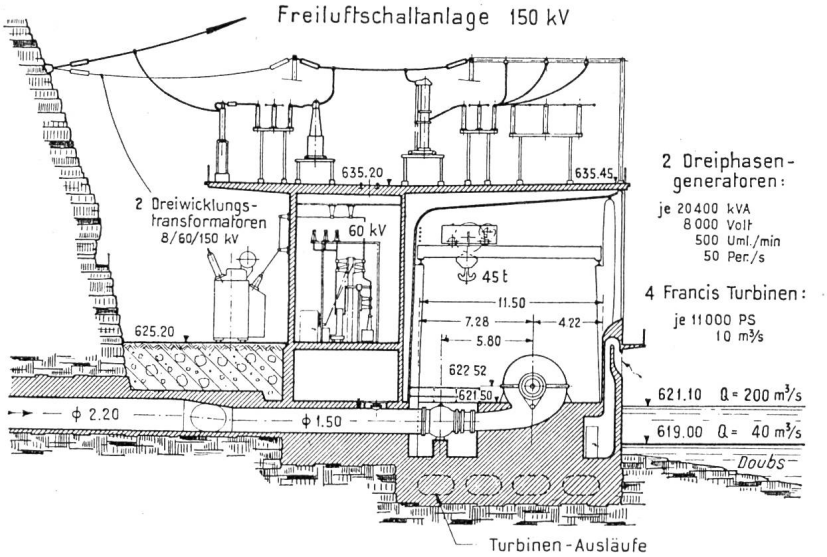

Abb. 16
Querschnitt 1 : 500 durch die Zentrale

für den Stollen: je eine Kompressorenanlage am oberen und unteren Stolleneingang, Rollbahnmaterial, Bohr- und Aufladegeräte usw.

für das Maschinenhaus: eine Kiesaufbereitungsanlage, eine Betonieranlage,

2 Turmdrehkrane, Bagger und Pneufahrzeuge.

Für die Erstellung der Kraftwerkanlage sind folgende Arbeiten zu leisten:

Aushub von lockerem Material	120 000	m³
Felsaushub	100 000	m³
Beton	70 000	m³
Rundeisenarmierung	1000	t

Die durchschnittliche Belegschaft beträgt für beide Lose zusammen 280 Mann.

Die Durchführung der Bauarbeiten beim obern Bau-Los weist insofern einige Besonderheiten auf, als die schweizerisch-französische Landesgrenze mitten durch die Staumauer, die beiden Fangdämme und die flußabwärts liegende kleine Staumauer hindurchgeht. Es stellen sich verschiedene Probleme für den Einsatz der Arbeiter sowie hinsichtlich der Zoll- und Steuerverhältnisse.

Die Lieferung der Maschinen und der elektrischen Ausrüstung der Kraftwerkanlage ist folgenden Firmen übertragen worden:

Staumauer:	Grundablässe	v. Roll, Bern
Wasserfassung:	Rechenreinigungsanlage	Jonneret et fils, Genève
	Drosselklappe	Escher Wyß, Zürich
Druckschacht:	Panzerungen	Buß AG, Basel
Maschinenhaus:	Turbinen	Charmilles, Genf
	Generatoren	Brown Boveri, Baden, und Compagnie électromécanique, Paris
	Transformatoren	Société savoisienne de constructions électriques, Aix-les-Bains
Schaltanlage:		Sprecher & Schuh, Aarau
Laufkrane:		S. A. Atelier de constructions mécaniques, Vevey, und Eisenbaugesellschaft Zürich und S. A. Applevage, Paris

Die Inbetriebnahme der gesamten Anlage ist auf Frühjahr 1953 vorgesehen.

Die Projektierung und Bauleitung des oberen Bauloses wurde der Elektro-Watt in Zürich, unter Zuzug von Herrn Prof. Stucky für die Bogenstaumauer, anvertraut.

Die Projektierung und Bauleitung des unteren Loses obliegt der Suisélectra in Basel.

Die Anlagekosten belaufen sich (Preisbasis Februar 1950) auf 36 Mio Franken.