

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 77 (1959)  
**Heft:** 39: SIA 66. Generalversammlung, Sitten, 25.-27. September 1959

**Artikel:** Erfahrungen beim Betrieb der Kraftwerke Mauvoisin  
**Autor:** Elektro-Watt  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-84328>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.01.2025

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

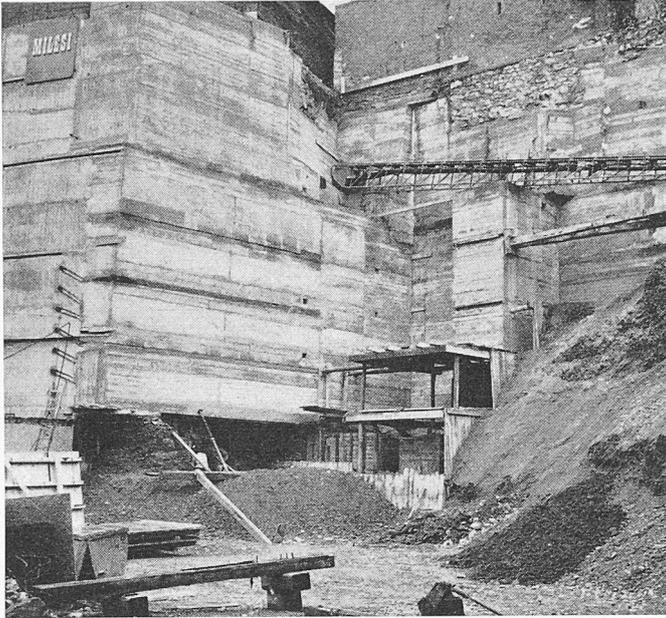


Bild 27. Neubau der Hotel International und Auto-Silo AG. in Basel. Streifenweise Unterfangung für die Seitenwand des hinteren Silo-Endes. Auf der rechten Seite ist der Pfeiler zur Abstützung der Rückwand des Auto-Silos sichtbar

ser Baugruben nicht von unten nach oben, sondern von oben nach unten in einzelnen Schichten errichtet werden. Diese Baumethode wurde entwickelt, um mit wirtschaftlichen Kosten und absoluter Sicherheit in den Altstadtquartieren unserer Schweizerstädte Baugruben grosser Tiefe auszuheben. Die Vorteile dieses Bauverfahrens bestehen darin, dass mit einem Minimum an Baumaterial und Lärm auf räumlich beschränkten Baustellen Gebäudeumfassungen erstellt werden können, die die statische Mitwirkung der spätern Gebäudeeinbauten voll ausnützen lassen. Dieses Verfahren gewährt bei richtiger Anwendung absolute Sicherheit gegen Setzungen in den umliegenden Gebäuden. Da die Unterfangungsmauern satt an den umgebenden Boden anbetoniert werden und die kleine jeweils exponierte Seitenfläche des Untergrundes immer nur kurze Zeit frei liegt, können Setzungen an den Nachbargrundstücken praktisch vollständig verhindert werden.

Die beschriebenen Bauten sind von folgenden Unternehmern ausgeführt worden: Drachen: Gebr. Stamm, Basel; Storchen: Arbeitsgemeinschaft F. Bertschmann, W. & J. Rapp AG., Wenk & Co., Basel; Schweiz. Kreditanstalt: Gebr. Stamm, Basel; Autosilo: Gebr. Milesi, Basel; Neue Warenhaus AG.: A. Giovannoni, La Chaux-de-Fonds.

Liste der Photographen: Hadorn, Basel: Bilder 24, 25 und 27; Höflinger, Basel: Bilder 2 bis 6, 11 bis 14, 20, 21, 23 und 26; Perret, La Chaux-de-Fonds: 16 bis 18.

Adresse des Verfassers: Georg Gruner, dipl. Ing., Nauenstr. 7, Basel.

## Erfahrungen beim Betrieb der Kraftwerke Mauvoisin

DK 627.8.621.311

Mitgeteilt von der Elektro-Watt, Zürich

Die Zentrale Fionnay kam mit zwei Gruppen im August 1956, die Zentrale Riddes mit fünf Gruppen im November 1956 in Betrieb. Anfangs September 1958 wurde im Stausee Mauvoisin zum ersten Mal der Normalstau (Kote 1961.50) erreicht. Ungefähr gleichzeitig konnte die dritte Gruppe der Zentrale Fionnay den Betrieb aufnehmen. Ab Ende April 1959 begann die Zuleitung von Wasser aus den rechtsufrig talabwärts liegenden Fassungen in den Stausee, womit der ursprünglich vorgesehene Ausbau der Kraftwerke Mauvoisin vollendet war. Bis Ende Juli 1959 betrug die Produktion in den beiden Stufen Fionnay und Riddes: an Winterenergie (Oktober bis März) 1004 Mio kWh, an Sommerenergie (April bis September) 667 Mio kWh. Zur vollständigeren Nutzung der Wasserkraft des Val de Bagnes wurde im Herbst des letzten Jahres noch der Bau einer oberen Stufe Chanrion—Mauvoisin begonnen, die anfangs 1963 in Betrieb kommen wird.

Die Kraftwerkgruppe Mauvoisin weist einige Bauwerke und elektromechanische Ausrüstungen auf, die in verschiedener Hinsicht bemerkenswert sind. Angaben über die bisher damit gemachten Erfahrungen dürften deshalb von Interesse sein<sup>1)</sup>. Die Bilder 1 und 2 zeigen den Lageplan und das Längenprofil.

<sup>1)</sup> Ein erstes Projekt dieser Grosskraftwerkanlage erschien in SBZ 1948, Nr. 22, S. 307, das Ausführungsprojekt hat Dr. h. c. A. Wiinger in SBZ 1953, Nr. 11, S. 153 beschrieben.

### A. Die Staumauer Mauvoisin

Im Herbst 1957, also vor genau zwei Jahren, wurden die eigentlichen Betonierarbeiten an der Staumauer Mauvoisin abgeschlossen. Nachdem sich im Laufe des folgenden Winters auch der im Jahre 1957 betonerte Mauerteil genügend abgekühlt hatte, wurden im Frühjahr 1958 die Fuginjektionen beendet, so dass nun das 237 m hohe Betongewölbe als kontinuierliches Tragwerk den Wasserdruck des Stausees aufnehmen konnte. Die Bilder 3 und 4 zeigen die Mauer mit den umfangreichen Injektionsbohrungen, Bild 6 das fertige Bauwerk.

Wenn auch bereits während der Bauzeit (1954—57) an der Mauer umfangreiche Kontrollmessungen durchgeführt worden waren, so gestaltet sich doch von diesem Zeitpunkt an die Interpretation der Messergebnisse wesentlich einfacher, da die Mauer praktisch nurmehr der Wasserlast und einem weitgehend erfassbaren Temperaturzustand unterliegt. Die Einflüsse des Eigengewichtes, Kriechens und Schwindens des Betons sowie der infolge der Fugen- und Kontaktinjektionen auftretenden Verformungen sind soweit abgeklungen, dass sie das Gesamtbild der Ergebnisse nicht mehr beeinträchtigen.

Obschon hier nur auf einige der hauptsächlichsten Kontrollen eingegangen werden kann, geben wir einen kurzen Ueberblick über die ausgeführten Messungen:

- Bestimmung der Gesamtdeformation der Mauer mit Hilfe von Pendeln und geodätischen Messungen sowie mit Neigungsmessern (Klinometer).
- Messung der lokalen Deformationen an den Stellen höchster Beanspruchung mittelst Mikrometerstäben von 60 cm Länge (Deformeter).
- Messung der thermischen Verhältnisse im Beton mit Hilfe von einbetonierten elektrischen Temperaturfühlern.

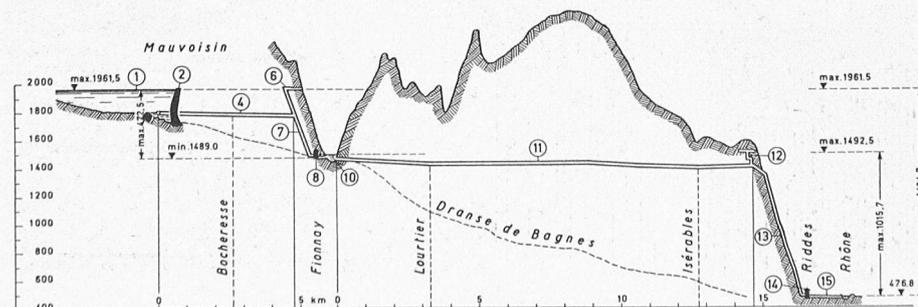


Bild 1. Längenprofil, Längen 1:260 000, Höhen 1:52 000

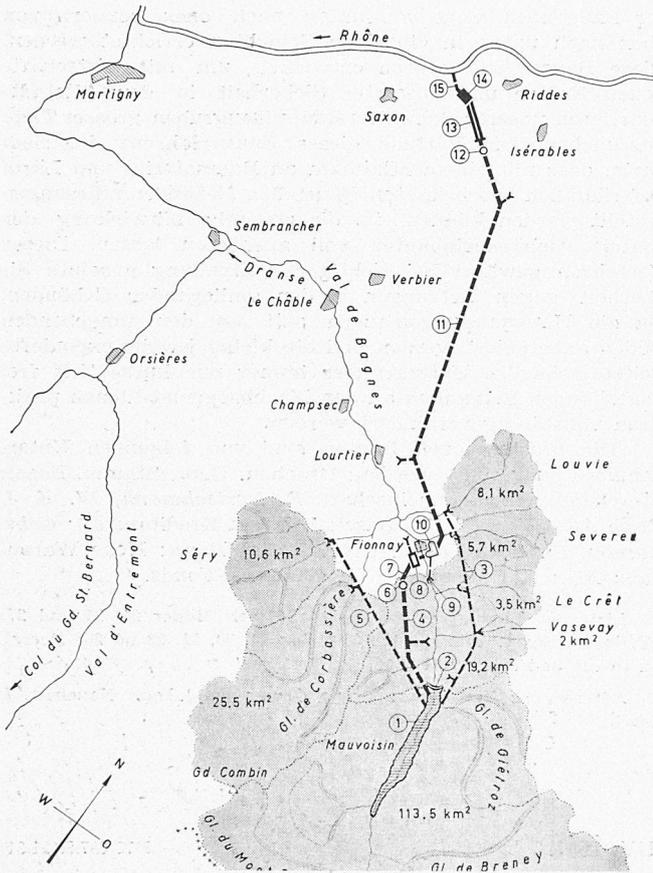


Bild 2. Übersichtsplan der Wasserkraftanlagen Mauvoisin 1:260 000

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1 Staubecken                         | 8 Zentrale Fionnay                                      |
| 2 Staumauer Mauvoisin                | 9 Wasserfassung der Dranse                              |
| 3 Zuleitung auf der rechten Talseite | 10 Ausgleichsbecken, Nutzvolumen 180 000 m <sup>3</sup> |
| 4 Druckstollen zur Zentrale Fionnay  | 11 Druckstollen zur Zentrale Riddes                     |
| 5 Zuleitung auf der linken Talseite  | 12 Wasserschloss  |
| 6 Wasserschloss                      | 13 2 Druckleitungsstränge                               |
| 7 Gepanzertes Druckschacht           | 14 Zentrale Riddes                                      |
|                                      | 15 Unterwasserkanal                                     |

d) Messungen des Auftriebes am Mauerfundament mittelst hydraulischen Druckdosen.

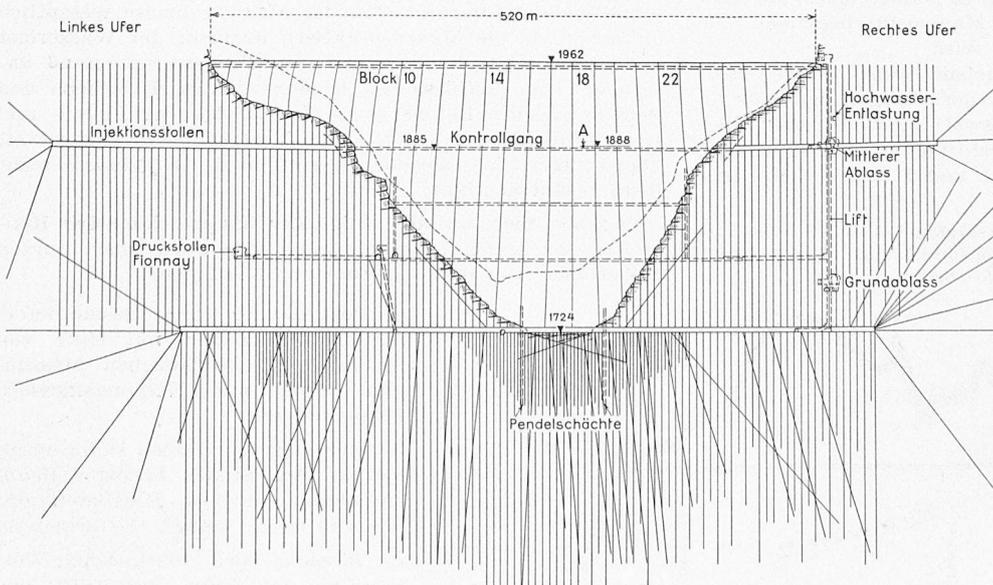


Bild 3. Schnitt durch die Sperrstelle mit Staumauer, Stollen und Injektionsbohrungen (Abwicklung längs der Wasserseite der Staumauer) 1:6500

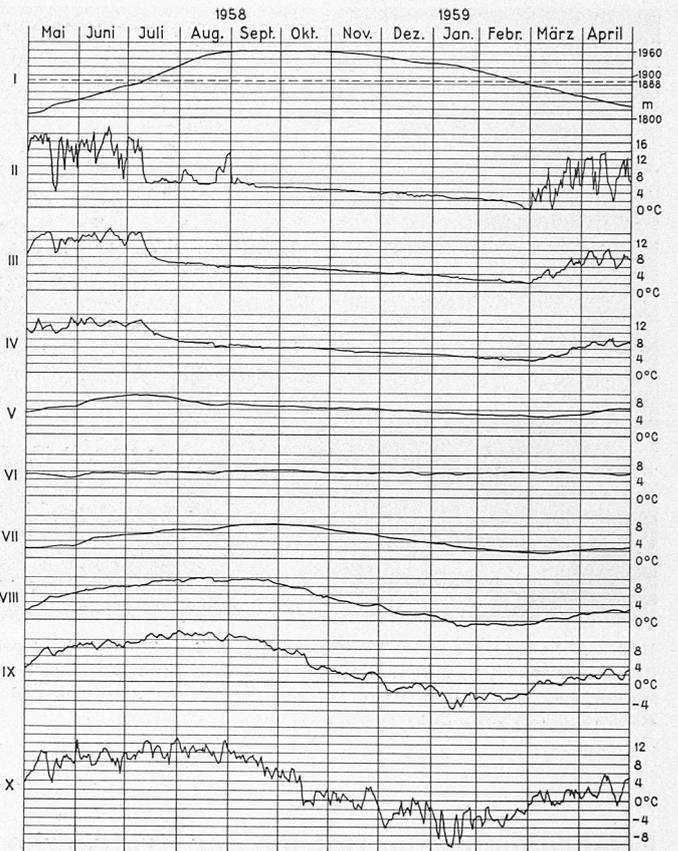


Bild 5. Temperaturverlauf (Tagesmittel) vom 1. Mai 1958 bis 30. April 1959 auf Kote 1888, Block 18 (Querschnitt AA in Bild 4)

- |  |   |
|--|---|
| I Seestand   | V 3,0 m von Wasserseite                     |
| II Temperatur der wasserseitigen Kontaktfläche                             | VI in Mauermitte (15,4 m von beiden Seiten) |
| III bis IX Temperaturen (Tagesmittel) in verschiedenen Tiefen, diese sind: | VII 3,0 m von Luftseite                     |
| III 0,3 m von Wasserseite  | VIII 1,0 m von Luftseite                    |
| IV 1,0 m von Wasserseite   | IX 0,3 m von Luftseite                      |
|  | X Temperatur der luftseitigen Kontaktfläche |

Die nachfolgend erläuterten Messergebnisse beziehen sich auf die Periode der ersten Seefüllung und Seeabsenkung. Am 1. Mai 1958 befand sich der Seestand auf Kote 1807; er stieg bis zum 1. September zur Maximalkote 1961,50

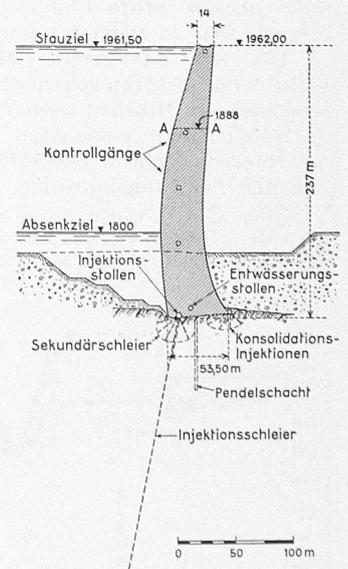


Bild 4. Talwegprofil, 1:6500

an, um mit kleinen Schwankungen bis Ende Oktober auf dieser Kote zu bleiben. Die Absenkung begann im November, am 30. April 1959 stand der See auf Kote 1830.

Ueber die während dieser Messzeit in der Mauer herrschenden thermischen Verhältnisse kann folgende Zusammenfassung gegeben werden: In der untersten Mauerpartie (bis etwa Kote 1800), welche bergseitig stets unter Wasser liegt und talseitig weitgehend angeschüttet wurde; ist die Temperatur ganzjährig ziemlich konstant, d. h.  $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$ . Zwischen Kote 1800 und Kote 1900 liegt die Temperatur im Innern zwischen  $5^{\circ}$  und  $6^{\circ}$ , gegen die Aussenflächen hin wird sie von der Luft-, bzw. Wassertemperatur beeinflusst. Oberhalb Kote 1900 nehmen auch im Innern der Mauer die Schwankungen zu und schwanken unterhalb der Krone, wo die Mauerdicke noch 14 m beträgt, zwischen  $2^{\circ}$  (Frühjahr) und  $8^{\circ}\text{C}$  (Herbst).

Der direkte Einfluss der Aussen-temperatur wurde mit selbstregistrierenden Thermometern kontrolliert. Es zeigt sich, dass auch starke Tagesschwankungen von  $15^{\circ}$  bis  $20^{\circ}\text{C}$  in einer Tiefe von 80 cm nur noch Temperaturdifferenzen von  $0,5^{\circ}$  erzeugen und zwar mit einer etwa zwanzigstündigen Verzögerung. Die jährlichen Schwankungen dringen natürlich viel tiefer ein, wie aus Bild 5 hervorgeht. Der dargestellte Mauerquerschnitt (Dicke = 30,8 m) befindet sich auf Kote 1888 im Talwegprofil. Die Temperaturen sind Tagesmittel, und zwar je für die Betonaussenfläche auf der Luft- und auf der Wasserseite, sodann in 30 cm, 1 m und 3 m Tiefe und in der Mauermitte. Die Temperatur der Wasserseite wird natürlich wesentlich von der Seetemperatur bestimmt, solange die Staukote über 1888 liegt.

Die sich aus Temperatur und Wasserbelastung ergebenden Deformationen werden mit Hilfe der Pendelkurve, Bild 7, dargestellt. Das entsprechende Pendel besteht aus zwei Lotdrähten von 110 m, bzw. 170 m Länge und reicht vom 1. Gang (Kote 1958) bis über 40 m unter das Mauerfundament (Kote 1684). Die dargestellten Diagramme geben die Biegelinie der Staumauer sowie der unmittelbar unter ihr liegenden Felspartie wieder. Als Nullage wird die Verformung der Mauer am 1. Mai 1958 angenommen. Beim ersten Anstieg des Sees bewegt sich nur der untere Mauer- teil talwärts, während die Krone eine gegen den See gerichtete Verschiebung ausführt. Die volle Auslenkung der obersten Mauerpartie erfolgt nicht beim höchsten Seestand Anfang September, sondern (z. T. aus thermischen Gründen) erst Ende Oktober. Sie beträgt etwas über 70 mm. Die letzte Biegelinie vom 28. April 1959 wird praktisch durch die selben äusseren Einflüsse bedingt wie diejenige vom 22. Mai 1958. Dennoch zeigt sie eine andere Form; so beträgt z. B. der Unterschied an der Krone 20 mm. Der Grund hiezu kann sowohl im Schwinden des Betons als auch in einer bleibenden Verformung der Felswiderlager liegen. Anhand von weiteren Messperioden wird eine genauere Erklärung dieses Phänomens möglich sein. Die in den einzelnen Punkten der Biegelinie aufgetragenen «Tangentenabschnitte» zeigen die Ergebnisse der unabhängig von den Pendeln durchgeführten Klinometermessungen. Zwischen Biegelinie und Neigungsänderung ist eine gute Uebereinstimmung festzustellen.

Abschliessend sei noch bemerkt, dass die Auftriebsverhältnisse den Erwartungen entsprechend durch den Injek-

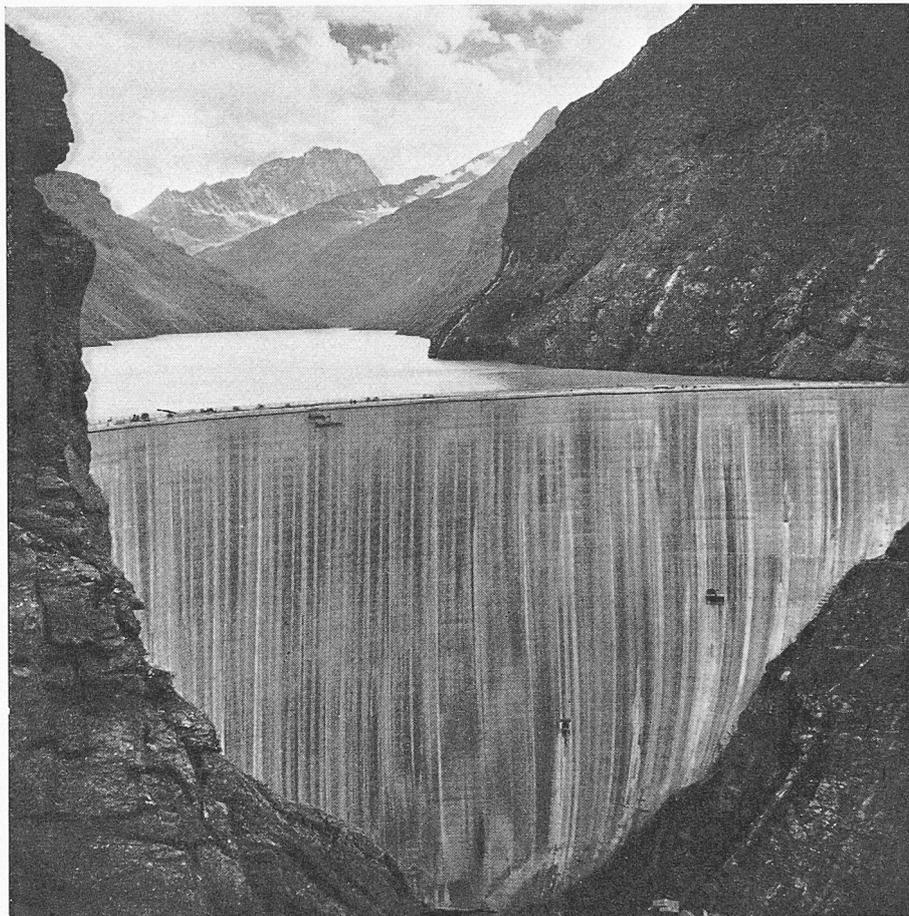


Bild 6. Ansicht der fertigen Mauer

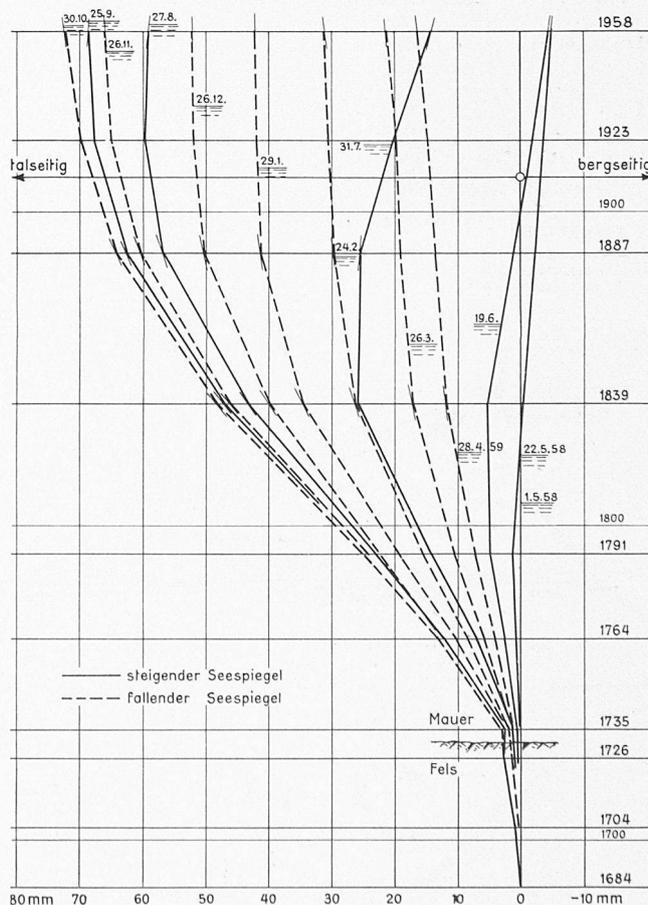
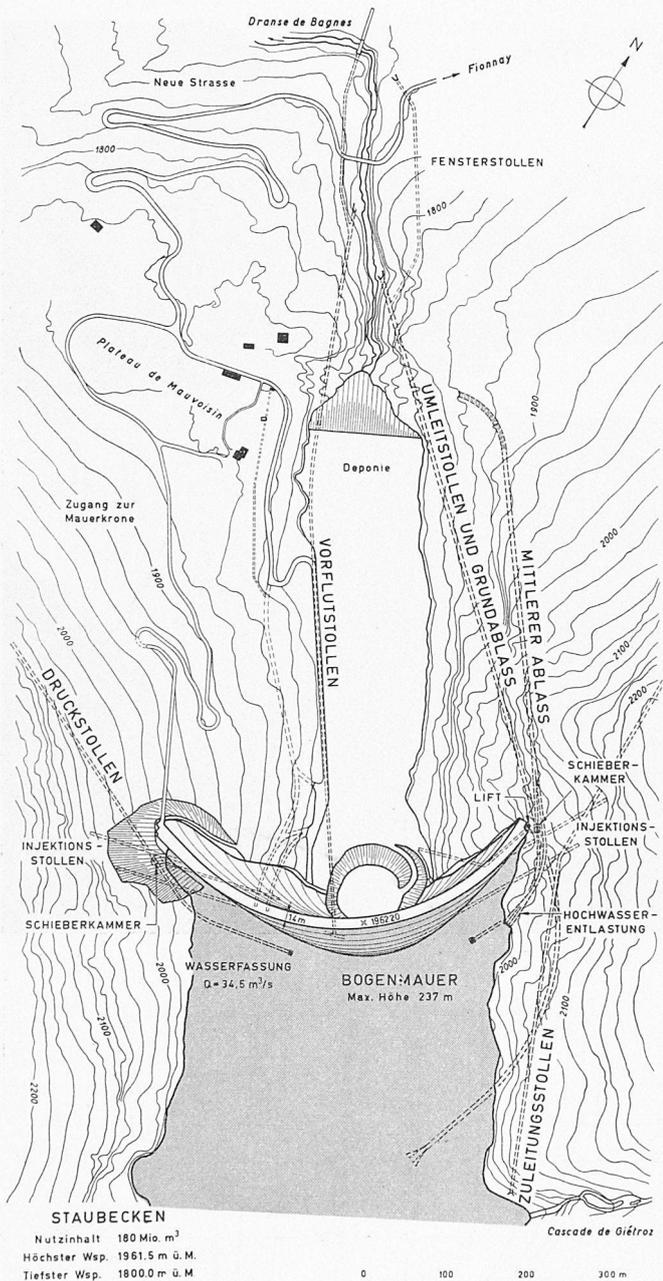


Bild 7. Durchbiegungskurven, gemessen mit Pendel in Block 15 in Mauermitte. Ausgezogene Linien bei steigendem Seespiegel, gestrichelte Linien bei fallendem Seespiegel



tionsschleier und die talseitig davon angeordnete Drainagegalerie günstig beeinflusst werden. Während der Auftrieb in der Nähe der wasserseitigen Mauerfläche bis 100 % beträgt, zeigen die unmittelbar talseits des Schleiers liegenden Druckdosen nur geringe Drücke von höchstens 30 %. In der luftseitigen Fundamenthälfte ist der Auftrieb vernachlässigbar klein.

In jüngster Zeit werden auch die Wasserverluste in der Staumauer und den angrenzenden Stollen und Schächten systematisch gemessen. Während die Verluste in der Mauer selbst sehr gering sind ( $< 1$  l/s), so fließt aus den talseits des Injektionsschleiers liegenden Injektionsstollen und Pendelschächten eine Wassermenge von nur einigen l/s, welche aber nicht notwendigerweise dem See entstammen muss, sondern auch aus den beidseitigen Hängen herkommen kann.

### B. Entlastungsorgane des Stausees

Als Entlastungsorgane wurden ein Grundablass mit Schützenswellenkote 1761,74 für einen maximalen Abfluss von  $140 \text{ m}^3/\text{s}$ , ein Ablass auf mittlerer Höhe mit Schützenswellenkote 1882,18 für einen maximalen Abfluss von  $113 \text{ m}^3/\text{s}$  und eine Oberflächen-Hochwasserentlastung in Form von drei Saughebern für einen maximalen Abfluss von  $107 \text{ m}^3/\text{s}$  angeordnet. (Bilder 8 und 9).

Der Grundablass (Bild 10a) ist mit zwei hintereinanderliegenden Gleitschützen von  $1,80 \times 2,95$  l. Oeffnung, welche für 20 at einseitigen Wasserdruck bemessen sind, ausgerüstet. Er ist in den für den Bau der Staumauer erstellten rechtsufrigen Umleitungsstollen von rd. 1150 m Länge und etwa  $12 \text{ m}^2$  lichtigem Querschnitt eingebaut worden. Beide Schützen sind genau gleich ausgebildet; es kann deshalb jede bei allen Betriebsverhältnissen als Regulierorgan verwendet werden. Jede Tafel wird durch zwei öldruckbetätigte Servomotoren von 800 mm Durchmesser betätigt. Aus Sicherheitsgründen wurden maximale Oeldrücke von nur 65 at für das Heben und 40 at für das Schliessen festgelegt. Um die Reibungsbeiwerte der Schützengleitbahnen möglichst tief zu halten, sind wirksame Hochdruck-Gleitbahnschmierungen eingebaut worden.

Der mittlere Ablass ist analog wie der Grundablass mit zwei gleich ausgebildeten Gleitschützen mit öldruckbetrieben Antrieben versehen. Er ist ebenfalls rechtsufrig angeordnet und weist eine Stollenlänge von rd. 700 m auf. In diesen Stollen mündet unterhalb der Schützen auch der Ablauf-

Bild 8 (links). Lageplan der Staumauer, 1:10 000

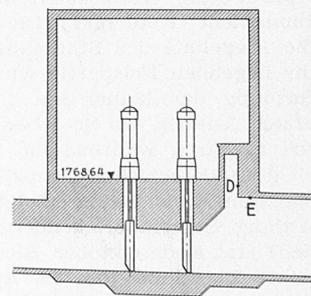
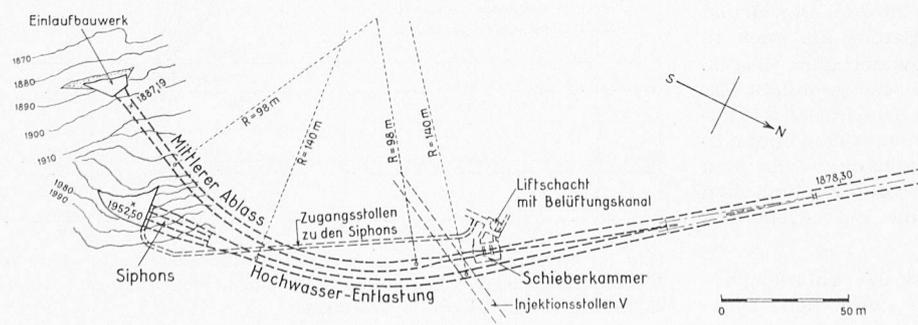
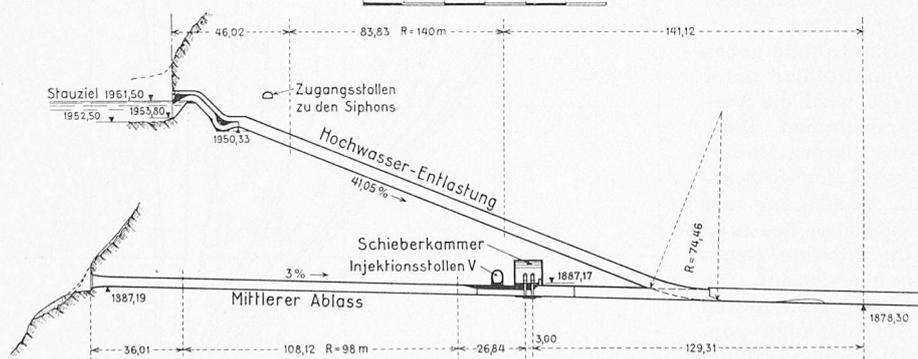


Bild 10 a. Schieberkammer für Grundablass mit Messtellen D und E

Bild 9 (links). Anordnung der Saugheber und des Ablasses auf mittlerer Höhe, 1:3000

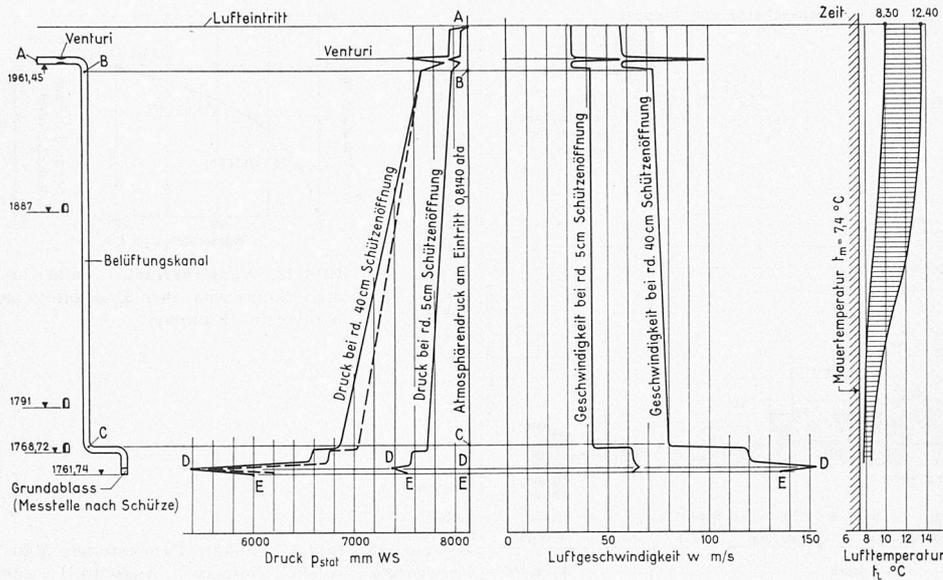


Bild 10.

Bild 10. Gemessener Verlauf des Luftdruckes, der Luftgeschwindigkeit und der Lufttemperatur im Belüftungsschacht zum Grundablass bei rd. 5 cm Schützenöffnung (minimale Geschwindigkeit) und bei rd. 40 cm Schützenöffnung (maximale Geschwindigkeit). Die ausgezogenen Drucklinien geben die auf Kote 1961,55 m reduzierten Drücke an; die gestrichelte Linie stellt den Verlauf des effektiven Druckes bei rd. 40 cm Schieberöffnung dar. Die Messstellen C und D sind aus Bild 10a ersichtlich.

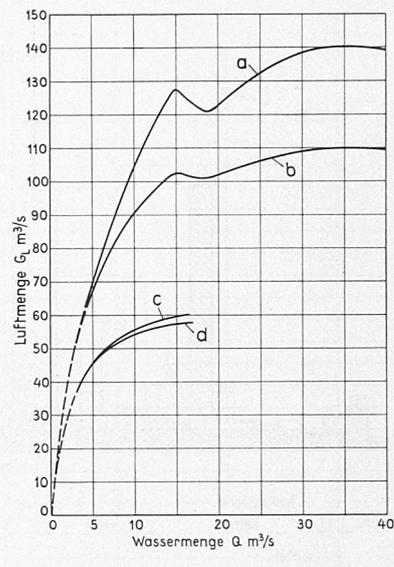


Bild 11.

Bild 11. Gemessene Luftmengen im Belüftungsschacht zum Grundablass in Abhängigkeit der abgelassenen Wassermenge. Kurven a und b bei Stauhöhe 1961,55 m, abgedrosseltes Gefälle 199,85 m; Kurven c und d bei Stauhöhe 1888 m, abgedrosseltes Gefälle 126,3 m. Kurven a und c stellen das grössere Luftvolumen bezogen auf den Zustand im Grundablassstollen dar, Kurven b und d das kleinere Luftvolumen, bezogen auf den Zustand beim Luftfeintritt.

stollen für die Saugheber. Die lichte Schützenöffnung beträgt  $1,40 \times 2,25$  m. Auch für den mittleren Ablass hat man aus Gründen der Betriebssicherheit Hochdruckgleitbahnschmierungen sowie relativ niedrige Maximalwerte für den Oeldruck der Huborgane (Heben 100 at, Senken 60 at) angewendet.

Zur Belüftung beider Schützenanlagen wurde im Liftschacht, welcher vom rechtsufrigen Ende der Staumauerkrone zu den verschiedenen Kontroll- und Injektionsstollen und zu den Schützenkammern führt, mittels Trennwand einen besondern Luftkanal von  $1,53$  m<sup>2</sup> lichtigem Querschnitt erstellt. Die Längen dieser z. T. gemeinsamen Luftzuführung, welche mit den erforderlichen Messanlagen (Venturimeter, Druckentnahme- und Temperaturmessstellen) ausgerüstet ist, betragen für den Grundablass 225 m und für den mittleren Ablass 105 m.

Die drei Saugheber der Oberflächen-Hochwasserentlastung wurden, um ein gleichzeitiges Anspringen zu verhindern, in ihrer Höhenlage leicht gestaffelt; ihre Eintrittsschwellen liegen auf den Koten 1961,50 (Normalstau), 1961,60 und 1961,70.

Alle drei Entlastungsorgane sind an der Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH modellmässig untersucht worden. Die Abnahmeversuche an den Schützen, die bei verschiedenen Staukoten sowie bei Normalstau Kote 1961,50 durchgeführt wurden, haben die restlose Erfüllung aller an die Schützenanlagen gestellten Anforderungen, wie praktisch vollständige Dichtigkeit auch nach mehrmaliger Betätigung und ohne Beihilfe von Schlacke, gleichmässiges ruckfreies Funktionieren der hydraulischen Antriebe, Vibrationsfreiheit, keine Kavitation, stossfreie Luftzuführung usw. erwiesen. Die während der Betätigung unter Normalstau gemessenen Oeldrücke in den hydraulischen Systemen waren sehr gering. Sie erreichten bei den Grundablassschützen anstelle der zugelassenen 65 at für das Öffnen bzw. 40 at für das Schliessen nur max. 27 at bzw. 10 at. Bei den Schützen des mittleren Ablasses erreichten die entsprechenden Werte 60 at bzw. 17 at bei zulässigen Maximalwerten von 100 at bzw. 60 at. Diese Kraftreserve, welche sich dank der Wirksamkeit der Gleitbahnschmierung und dem hohen Bearbeitungsgrad der Gleitbahnen ergeben hat, ist für derartige Anlagen ein unbedingtes Erfordernis.

Bei den Abnahmeversuchen für den Grundablass wurden unter Normalstau gleichzeitig auch Messungen über die erforderlichen Luftmengen für die Belüftung der Schützen durchgeführt. Für diese Anlage betrug das Maximum der angesaugten Luftmenge  $110$  m<sup>3</sup>/s am Eintritt in den Belüftungsschacht, bzw.  $140$  m<sup>3</sup>/s unmittelbar oberhalb der Schütze bei einem um 33 % von  $0,814$  at (Atmosphärendruck auf Kote 1961) auf  $0,56$  at verringerten Druck und einer Luftgeschwindigkeit von über  $150$  m/s. Das Maximum der Luftmenge trat bei einem Schützenshub von  $40$  cm auf; die zugehörige Abflussmenge erreichte dabei  $31$  m<sup>3</sup>/s. Mit Rücksicht auf die Gefahr von Ueberschwemmungen und zur Verhütung einer grösseren Schwallbildung konnten keine  $40$  m<sup>3</sup>/s übersteigende Wassermengen abgegeben werden. Es war deshalb nicht möglich festzustellen, ob noch ein zweites Maximum des Luftbedarfs besteht (Bilder 10 und 11).

Bei den Schützenabnahmeversuchen wurden auch der erste und zweite Saugheber (dieser nur teilweise) zum Anspringen gebracht. Wegen messtechnischer Schwierigkeiten konnten aber die von den Saughebern abgeführten Wassermengen nicht gemessen werden, weshalb ein Vergleich zwischen Modell und Ausführung leider nicht möglich ist.

### C. Druckstollen Mauvoisin-Fionnay

Dieser Stollen von  $4,7$  km Länge ist für eine Wassermenge von  $34,5$  m<sup>3</sup>/s bemessen. Der lichte Durchmesser beträgt ohne Gunitring  $3,20$  m, mit Gunitring  $3,06$  m. Der maximale statische Innendruck nimmt von  $166$  m beim Stausee auf  $194$  m beim Wasserschloss zu. Während einer Wasserschloss-Schwingung kann der maximale Innendruck bis auf  $204$  m steigen. Auf Grund umfangreicher Versuche, die an zwei in der Nähe der Zentrale Fionnay erstellten Probestollen, u. a. auch mit vorgespannten Stollen-Auskleidungen, durchgeführt wurden, wählte man schliesslich als Stollenauskleidung einen Betonring von  $25$  cm Stärke. Dem hohen Innendruck entsprechend ist das Gebirge durch besonders sorgfältige Injektionen mit Drücken bis zu  $40$  at konsolidiert worden. Durch eine Abpressung des ganzen Stollens mit dem maximalen Innendruck sollten anschliessend jene Strecken ermittelt werden, in welche ein armerter Gunitring einzubringen war.

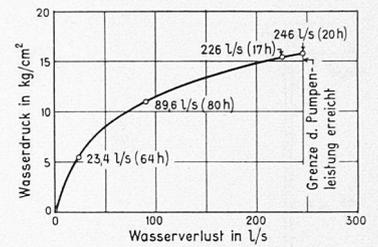
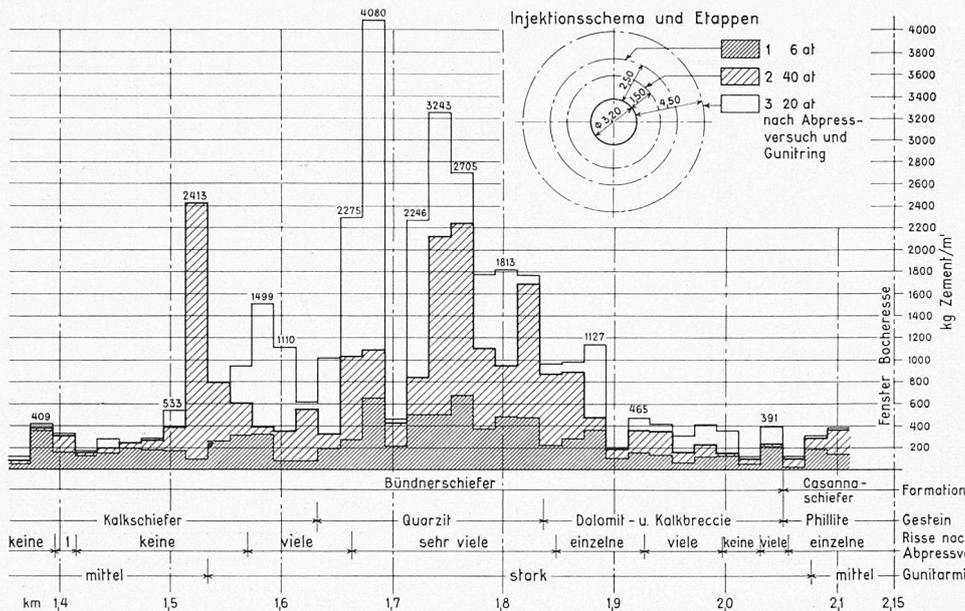


Bild 13. Wasserverluste beim ersten Abpressen des Druckstollens Mauvoisin-Fionnay

Bild 12 (links). Druckstollen Mauvoisin-Fionnay. Ausschnitt aus dem Injektionsdiagramm

Das Stollenfenster Bocheresse wurde in die Uebergangszone zweier stark verschiedener geologischer Formationen gelegt. Die obere etwa 2 km lange Stollenstrecke liegt im Bündnerschiefer (Schistes lustrés), der zur Hauptsache aus Kalkschiefern, kristallinen Kalken, Marmoren und schwarzen Phyllitschiefern besteht. In diese Bündnerschiefer sind noch kurze Strecken dünnstriefrigen Quarzits und Dolomitbreccien eingelagert. Der untere etwa 2,7 km lange Stollenabschnitt liegt ganz im Kristallin der Bernhardecke, welches zur Hauptsache aus Casannaschiefern (stark sericit- und chlorithaltige Schiefer bis Gneise) besteht. Es war von den umfangreichen Versuchen im Bereich der Sperrstelle bekannt, dass die Bündnerschiefer wohl standfest aber stark durchlässig sind. Vom Casannaschiefer der Bernhardecke war zu erwarten, dass er bautechnisch noch günstiger und vor allem weniger durchlässig sein würde.

Mit Rücksicht auf den hohen Innendruck war die Ueberdeckung des Hangstollens, besonders in der Zone der Bündnerschiefer, vorsichtig gewählt worden, woraus sich auch die grosse Länge von 710 m des Fensters Bocheresse ergab.

Die Ausführung bestätigte die geologischen Prognosen. Das Gebirge war mit Ausnahme einer ganz kurzen Strecke wenig oberhalb des Fensters Bocheresse, die einen leichten Holzeinbau benötigte, standfest und führte nur wenig Wasser. Die Niederdruckinjektionen mit Lochtiefen von 2,5 m und einem Druck von 6 at ergaben folgende mittlere Zementaufnahmen (Bild 12):

Bündnerschieferzone	(rd. 1580 m Länge)	148 kg/m
Quarzitzone	(rd. 260 m Länge)	400 kg/m
Casannaschieferzone	(rd. 2650 m Länge)	201 kg/m

Die Zone zwischen Fassung und Einlaufdrosselkammer wurde nicht injiziert, da sie seeseitig des Injektionsschirmes der Stauwand liegt.

Die Hochdruckinjektionen mit Löchern von 1,50 m Tiefe und Drücken bis 40 at ergaben folgende mittlere Zementaufnahmen:

Bündnerschieferzone	110 kg/m
Quarzitzone	680 kg/m
Casannaschieferzone	52 kg/m

Die umfangreichen Installationen für den Gesamtversuch des Druckstollens erlaubten, die Verluste in den beiden Stollenstrecken oberhalb und unterhalb des Fensters Bocheresse getrennt zu ermitteln. Als Pumpen konnten drei der fünfstufigen Sulzer-Zentrifugalpumpen verwendet werden, die der Kühlwasserversorgung der Stauwand dienen. Die Verluste in der oberen Stollenstrecke betragen im Beharrungszustand bei einem mittleren Innendruck von 16 at rund 246 l/s, womit gleichzeitig auch die

Grenze der Förderleistung der Pumpen erreicht war (Bild 13). Höhere Drücke konnten deshalb nicht erzeugt werden. In der unteren Stollenstrecke betrug dagegen der Verlust nur 0,3 l/s bei einem mittleren Innendruck von rd. 17 at. Der Versuch übertraf die Erwartungen bezüglich der unterschiedlichen Wasserverluste in den beiden Stollenstrecken. Die untere, praktisch dichte Strecke, zeigte bei der anschließenden Kontrolle nur vereinzelte Haarrisse. Die obere, rund tausendmal durchlässigere Strecke wies dagegen erheblich mehr Risse auf, in der Quarzitzone sogar viele klaffende (Rissweite 3 bis 5 mm). Die hohe Durchlässigkeit und die Rissbildung in der oberen Stollenstrecke machten den Einbau eines armierten Gunitrings von 7 cm Stärke auf der ganzen Länge nötig. Dessen Armierung wurde entsprechend der Häufigkeit und Weite der Risse nach Tabelle 1 abgestuft.

Tabelle 1. Armierung des Gunitrings in der oberen Stollenstrecke

Armierung	Anzahl Ringeisen pro m	φ Tor mm	Gew. inkl. Längsringen kg/m	Länge der Strecke m
stark	16	18	390	545
mittel	16	14	230	605
schwach	12	14	170	984

Die Ringeisen sind in Halbkreisen angeliefert und mit einer Schlatter-Widerstandsschweissmaschine im Stollen zu ganzen Ringen verschweisst worden. Eine nach Erstellung des Gunitrings erfolgte dritte Injektion mit Löchern bis 4,5 m Länge und Drücken bis 20 at sollte alle durch den Abpressversuch im Beton entstandenen Risse schliessen und den Fels noch weiter konsolidieren. Die mittlere Zementaufnahme betrug dabei in der Bündnerschieferzone 88 kg/m, in der Quarzitzone 800 kg/m, wobei in dieser ein Abschnitt von 20 m Länge 60 000 kg und drei andere Abschnitte von je 20 m Länge 22 000 bis 28 000 kg Zement absorbierten (Bild 12).

Es war nun sehr interessant, bei der im Juli 1959 erfolgten eingehenden Kontrolle des Stollens nach rund drei Betriebsjahren folgendes festzustellen:

Der armierte Gunitring hat sich voll bewährt. Nur in drei kurzen Zonen von insgesamt rd. 80 m Länge wurden netzförmige Haarrisse gefunden, die aber keinerlei Spuren von Wasserdurchfluss zeigten. Diese Zonen lagen im schwach armierten Gunitring, also in Strecken, die nach dem Abpressversuch nur wenige feine Risse aufwiesen. Offenbar war hier die Gunitarmierung etwas zu schwach bemessen, oder es waren die Injektionen etwas weniger sorgfältig ausgeführt worden. In der Strecke, in der beim Abpress-

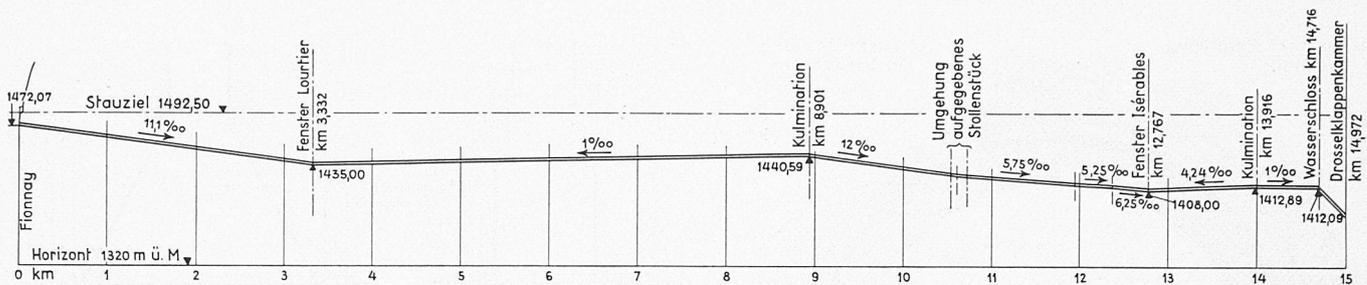


Bild 14. Längenprofil des Druckstollens Fionnay—Riddes, Längen 1:85 000, Höhen 1:8500

versuch die klaffenden Risse aufgetreten waren, zeigte der Gunit nur an einer einzigen Stelle wenige Haarrisse. Die starke Gunitarmierung war somit ausreichend.

Die ganze untere, nicht gunitierte Stollenstrecke befand sich im gleichen Zustand wie nach dem Abpressversuch. Es konnten keine neuen Haarrisse festgestellt werden.

Der Stollen benötigte auf seiner ganzen Länge nicht die geringsten Reparaturarbeiten.

Diese Erfahrungen zeigen, dass bei sorgfältiger Ausführung und besonders bei Durchführung ausreichender Injektionen unter hohem Druck in günstigen Gebirgsverhältnissen und bei nicht zu grossen Stollendurchmessern auch nicht vorgespannte Stollenauskleidungen hohen Innendruck gewachsen sind.

#### D. Ausgleichbecken Fionnay

Dieses Becken von 160 000 m<sup>3</sup> Nutzinhalt und rd. 12 m Spiegelvariation wurde ausserhalb der Dranse vollständig künstlich durch Aushub und Schüttung erstellt. Infolge der Injektionsarbeiten, die an der Sperrstelle des Ausgleichbeckens der Grande Dixence S. A., welches unmittelbar unterhalb des Ausgleichbeckens der Kraftwerke Mauvoisin im Flusslauf der Dranse erstellt wurde, zum Teil wohl auch infolge des Schliessens der Baudrainage im Druckstollen Fionnay-Riddes, hatte sich der Grundwasserspiegel im Bereich des Ausgleichbeckens der Kraftwerke Mauvoisin nach dessen Erstellung erheblich gehoben. Das dem System von Drainagerohrleitungen zufließende Grundwasser führte trotz sorgfältig eingebrachter Filter- und Drainageschichten zu Ausschwemmungen von feinsandigen, im Untergrund der Beckensohle vorhandenen Seablagerungen. Die zweischichtige Bitumenbeton-Dichtungshaut konnte schliesslich die im Untergrund entstandenen Hohlräume nicht mehr überbrücken und brach anlässlich des Versuchsbetriebes des Beckens im März 1956 an einer Stelle durch.

Die neuen Grundwasserhältnisse zwangen zu einer Verstärkung der Beckenauskleidung durch eine armierte fugenlose Betonwanne von 28 cm (Sohle) und 20 cm (Böschung) Stärke und zu einer Höherlegung der Betonsohle um 60 bis 80 cm. Ueber die Betonwanne wurde eine 15 cm starke bitumengebundene Drainageschicht und darüber eine neue zweischichtige Bitumenbeton-Dichtungshaut von 8 cm Gesamtstärke erstellt. Die Drainageschicht hat man durch in der Betonwanne ausgesparte Löcher mit dem Untergrund in Verbindung gebracht.

Das so verstärkte Becken hat sich im nun dreijährigen Betrieb sehr gut gehalten. Zur Kontrolle des Grundwasserspiegels im Bereiche des Beckens wurden rund um das Becken 15 Piezometer erstellt. Obwohl je nach den Niederschlagsverhältnissen und dem Stand des Wasserspiegels im Ausgleichbecken der Grande Dixence S. A. der Grundwasserspiegel um das Becken mehrere Meter höher liegt als die Beckensohle, wird durch die einwandfrei funktionierende Drainage bei abgesenktem Wasserspiegel im Becken ein Eindringen der Beckenauskleidung vermieden. Die Drainagemengen variieren heute zwischen 27 und 102 l/s. Durch Pumpen wird dieses Wasser der Nutzung in der Stufe Fionnay-Riddes zugeführt. Bei der im Juli dieses Jahres durchgeführten eingehenden Kontrolle des Beckens sind auch in der Beckensohle 5 zusätzliche, während des Betriebes ablesbare Piezometer eingebaut worden, mit denen das Funktionieren der Beckendrainage dauernd überwacht werden kann.

#### E. Druckstollen Fionnay-Riddes

Dieser Stollen von 14,72 km Länge zwischen Einlauf und Wasserschloss ist für eine Wassermenge von 28,75 m<sup>3</sup>/s bemessen. Der lichte Durchmesser beträgt ohne Gunitring 3,25 m, mit Gunitring 3,11 m. Der maximale statische Innendruck schwankt zwischen 21 m und 84 m. Bei einer Wasserschloss-Schwingung kann der maximale Innendruck bis auf 90 m ansteigen.

Vom Einlauf im Ausgleichbecken Fionnay bis zum Wasserschloss in Villy durchfährt der Druckstollen die in Tabelle 2 angegebenen Gesteine.

Tabelle 2. Gesteinsarten, durch die der Druckstollen Fionnay—Riddes führt

km	Länge in m	Gestein
0		
0,22	220	Gehängeschutt und Moräne <sup>1)</sup>
10,30	10 080	Kristallin der Bernhardecke <sup>2)</sup>
11,10	800	Quarzit
11,24	140	Sericitschiefer und dolomitische Kalke
11,31	70	Gips-, Anhydrit- und Kalkbreccien
13,42	2 110	Karbon (Sandsteine und schwarze Tonschiefer)
13,51	90	Anhydrit, Gips und grauer Kalk
14,72	1 210	Karbon (Tonschiefer)

<sup>1)</sup> mit stellenweise ziemlich grossem Wasserandrang

<sup>2)</sup> Casannaschiefer (stark sericit- und chlorithaltige Schiefer und Gneise)

Der Stollen ist durch die beiden Fenster Lourtier (460 Meter lang) und Isérables (500 m lang) in drei Abschnitte unterteilt. Im mittleren Abschnitt von 9,45 km Länge durchfährt er die Bergkette zwischen dem Val de Bagnes und dem Rhonetal. Mit Rücksicht auf diesen langen Durchstich und die zu erwartenden Gebirgswassermengen ist er nur mit steigenden Vortrieben ausgeführt worden. Das dadurch entstehende sägeförmige Längenprofil, Bild 14, erfordert Entlüftungsleitungen von den zwei Kulminationen nach dem Fenster Isérables. Bei der Füllung des Stollens wird in der Kulmination zwischen den beiden Fenstern eine Luftmenge von 42 000 m<sup>3</sup> und in der Kulmination zwischen dem Fenster Isérables und dem Wasserschloss eine solche von 4600 m<sup>3</sup> eingeschlossen. Das Abführen dieser Luft durch die im Kabel- und Rohrgraben in der Stollensohle verlegten Leitungen von 92,5 mm bzw. 80 mm Innendurchmesser dauert bei gefülltem Ausgleichbecken rd. vier Tage, vom Einschluss der Luft an gerechnet. Bei niedrigerem Beckenspiegel dauert die Evakuierung entsprechend länger. Es braucht mindestens sechs Tage für das Füllen des Stollens, bis alle Luft entwichen ist, was nach Revisionen eine unerwünschte Verlängerung des Stillstandes des Werkes bedeutet. Dagegen wurde die Ausführung des Stollens in nur steigenden Vortrieben bei dem starken Wasserandrang von bis zu 100 l/s pro Vortrieb wesentlich erleichtert. Die 1‰ Gefälle gegen das Fenster Lourtier haben sich aber als zu gering erwiesen, da der Abfluss des Wassers mit nur kleiner Geschwindigkeit erfolgt und sich grosse Wassertiefen einstellen.

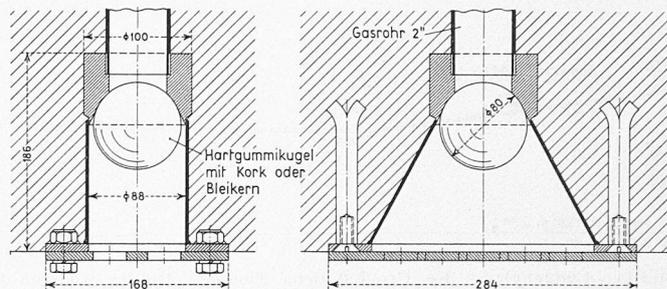
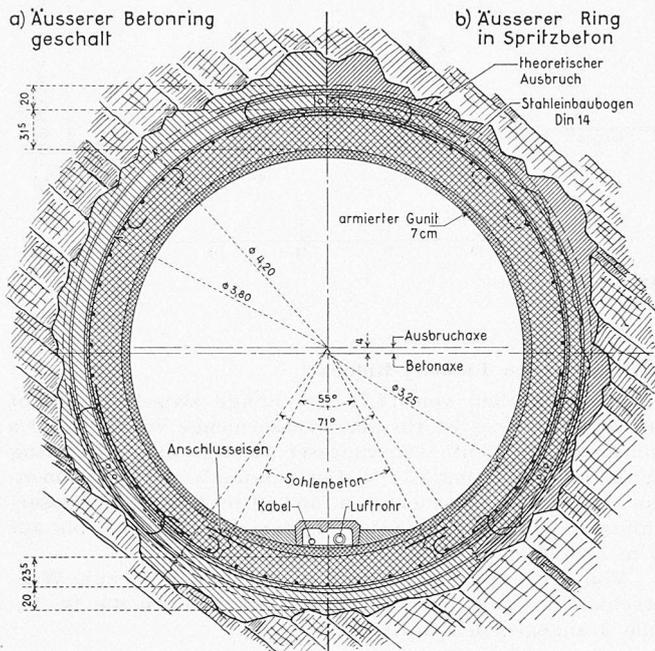


Bild 16 (oben). Kugelventil für das Einleiten von Quellen in den Stollen, 1:7

Bild 15 (links). Stollenprofil in der Druckzone zwischen dem Fenster Isérables und dem Wasserschloss, 1:60

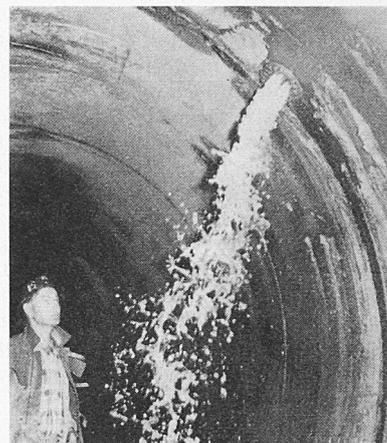


Bild 17 (rechts). Mit Kugelventil gefasste Quelle

Die Arbeiten im Casannaschiefer boten mit Ausnahme des grossen Wasserandrangs zwischen Fenster Lourtier und der Kulmination und einer Einbruchstelle (Kamin) keine besonderen Schwierigkeiten. Dagegen führten ein Schlamm- und Blockeinbruch aus einer breiten Kluft im Quarzit zur Aufgabe eines Stollenstückes von rund 100 m Länge und zu einer Verschiebung der Stollenaxe um etwa 50 m. Im Karbon zwischen dem Fenster Isérables und dem Wasserschloss waren die Felsverhältnisse stellenweise derart schlecht, dass die Brust zugemauert und das Gebirge mittels Zement- und chemischen Injektionen mit Drücken bis zu 100 at vorgängig des weiteren Ausbruches verfestigt werden musste. Die schlechten Felsverhältnisse von km 10,3 bis km 14,72 im Quarzit, Karbon, Gips und Anhydrit verlangten den Einbau von rd. 2000 schweren und rd. 750 leichteren geschlossenen Stahlinbaubogen, streckenweise die Anordnung eines äusseren Betonringes (geschalt oder gespritzt) sowie eine Armierung im Beton von bis 200 kg/m (Bild 15).

Viele der angetroffenen Eintritte von Bergwasser standen unter grösserem Druck. Beim Versuch, eine der grösseren Quellen zu verstopfen, wurde ein Stück der Stollenverkleidung eingedrückt. Die grösseren Wasservorkommen hat man deshalb über Kugelventile nach Bild 16 in den Stollen eingeleitet. Insgesamt kamen an die 100 solcher Ventile zum Einbau. Von der aus den Ventilen in den entleerten Stollen eindringenden gesamten Bergwassermenge von rd. 110 l/s bleiben bei höchstem statischem Innendruck noch rd. 70 l/s bestehen (Bild 17). Da stellenweise die Bergwässer sulfathaltig waren, musste auf grosse Strecken Trass- bzw. Puzzolan zum Portland-Zement beigemischt (Gewichtsverhältnis 2:5) oder Supercilor-Zement verwendet werden.

Die auch in diesem Stollen besonders sorgfältig durchgeführten Injektionen mit Drücken zwischen 16 und 40 at ergaben Zementaufnahmen zwischen 90 und 7400 kg/m (die letztgenannte Menge ist der Mittelwert über eine Strecke von 10 m Länge). Im Karbon sind auf lange Strecken mittlere Zementmengen zwischen 1000 und 2000 kg/m injiziert worden.

Der schlechten Felsverhältnisse wegen wurde nach den Injektionen, von km 11,00 bis km 14,70, ein armierter Gunitring eingebaut, der nach vier verschiedenen Armierungstypen gemäss Tabelle 3 bewehrt ist.

Um die Deformationen und die Dichtigkeit in der besonders schlechten Zone zwischen dem Fenster Isérables und der Drosselklappenkammer vor der Druckleitung zu kontrollieren, wurde auf der 2190 m langen Strecke ein Abpressversuch durchgeführt. An zwei Querschnitten, bei km 14,03 (Einbruch) und bei km 14,67 (günstigere Felsverhältnisse, ohne Einbaubögen) wurden an je drei Durch-

Tabelle 3. Armierung des Gunitringes im Stollen Fionnay—Rides

Armierung	Anzahl Ringe pro m	Ø Tor mm	Gew. inkl. Längseisen kg/m	Länge der Strecke m
sehr stark	16	18	381,6	550
stark	18	14	259,7	1390
mittel	15	14	222,3	400
schwach	13	14	197,3	1360
Total				3700

messern die Längenänderungen mittels Huggenberger-Stollenprüfern gemessen.

Vorgängig des Versuches betrug der Wasserzufluss zur Prüfstrecke aus den eingebauten Ventilen rd. 2 l/s. Im Beharrungszustand beim höchsten statischen Druck (d. h. bei einem mittleren Innendruck von rd. 85 m W. S. war immer noch ein Zufluss von etwa 0,3 l/s zur Prüfstrecke festzustellen. Der Stollen ist deshalb auf der abgepressten Strecke praktisch vollkommen dicht. Die aus den gemittelten Durchmesserergrösserungen gerechnete Beanspruchung der Gunitarmierung ergab um die 300 kg/cm<sup>2</sup>.

Bei der im Juli dieses Jahres erfolgten eingehenden Kontrolle des ganzen Stollens nach ebenfalls rd. drei Betriebsjahren ergab sich folgendes:

Die gesamte Strecke mit armiertem Gunitring hat sich voll bewährt. Es konnten keine Risse festgestellt werden. Nur an drei Stellen hatten sich an der Oberfläche des Gunites schalenförmige Ablösungen (von 0,1 bis 0,2 m<sup>2</sup> Fläche) bis knapp auf die Armierung gebildet, die leicht zu reparieren waren. Der Wasserandrang in der Gunitstrecke war gleichgeblieben wie vor der Inbetriebsetzung.

In der nicht mit Gunit verkleideten Strecke wurden feine, für den Betrieb bedeutungslose Ringrisse (schwankend zwischen rd. 20 und rd. 32 Stück pro 100 m Länge) festgestellt, die kein Wasser führten. Die Häufigkeit der Risse war in der Strecke, wo man den Beton von Hand eingebracht hatte, etwas geringer als dort wo der Beton mit Druckluft betoniert worden war. Diese Risse führen wir auf das stärkere Schwinden des Betons mit Beimischung von Puzzolan oder Trass zurück.

Sulfatschäden konnten nicht festgestellt werden. Die eingebauten Ventile haben sich bewährt.

Von den insgesamt rd. 20 000 Kabelsteinen (Bild 15), die zur Ueberdeckung des im Kabel- und Rohrgraben verlegten Fernmelde- und Fernmesskabels zwischen den beiden Zentralen und der Entlüftungsrohre verwendet wurden, wiesen 90 Längsrisse auf. 81 davon waren breite Steine über Kabel und Entlüftungsrohr und neun schmale Steine nur über Kabel. Die Ursache dieser Rissbildung konnte nicht eindeutig festgestellt werden. Zur Verhinderung des Wegschwemmens war jeder Stein mit vier Hartholzkeilen gegen die Grabenwand verkeilt und anschliessend mit Mörtel vergossen worden. Um Druckunterschiede zwischen dem Kabel- und Rohrgraben und dem Stollen zu vermeiden, war jeder zweite Stein mit einer Bohrung  $\varnothing$  40 mm versehen. Diese Erfahrungen, verbunden mit denjenigen beim Verlegen des Kabels (Termin), führen uns dazu, in Zukunft nach Möglichkeit keine Kabel mehr in Druckstollen zu verlegen.

Im Frühjahr 1958 durchgeführte, eingehende Messungen ergaben einen mittleren Stricklerschen Rauigkeitsbeiwert von  $k = 85$ . Dieser Wert ist über einen weiten Bereich der Fliessgeschwindigkeit praktisch konstant.

## F. Druckleitung Riddes

Diese zweisträngige Leitung von 1700/1600/1500 mm Innendurchmesser und 4400 t Gesamtgewicht, ausgeführt in alterungsbeständigen und trennbruchsicheren Stahlqualitäten, hat sich sehr gut bewährt. Dagegen erfordert die für das Rohrtrasse in den Hang geschnittene, teilweise im Fels und teilweise im Lockergestein liegende Schneise noch laufend Anpassungsarbeiten hinsichtlich der Entwässerung, der Wiederaufforstung sowie Bepflanzung und des Schutzes gegen den Steinschlag. Eine durch einen stürzenden Block verursachte Beschädigung eines Stützrings einer Rohrauf-lagerung konnte ohne Betriebsunterbruch repariert werden.

Die zusammen mit den Druckverlustmessungen im Druckstollen Fionnay-Riddes, also nach bereits zweijährigem Betrieb auch an der Druckleitung durchgeführten Messungen ergaben für beide Rohrleitungen zwischen den Drosselklappen und dem Beginn der Verteilleitung einen mittleren Stricklerschen Rauigkeitsbeiwert von  $k = 110$ , welcher wie im Druckstollen Fionnay-Riddes ebenfalls über einen weiten Bereich der Fliessgeschwindigkeit konstant war. In diesem Wert sind auch die zusätzlichen Verluste in den 13 Fixpunktkrümmern enthalten.

## G. Elektromechanische Ausrüstung

### 1. Turbinen Fionnay

Diese drei vertikalachsigen Turbinen arbeiten unter dem höchsten Gefälle (max. Bruttogefälle rd. 475 m, max. Nettogefälle rd. 470 m), das bis anhin mit Francisturbinen ausgenützt wurde. Bei den Nenndaten 455 m Nettogefälle und 11,5 m<sup>3</sup>/s wird eine Leistung von 63 000 PS erzeugt. Trotz dieser Pionierausführung sind keine ernsthaften Schwierigkeiten aufgetreten. Eines der Laufräder aus rostfreiem Stahlguss wurde nach 4140 Betriebsstunden ein erstes Mal kontrolliert, wobei in den Kehlen zwischen Schaufeln und Radkranz leichte Aufrauungen der Oberfläche festgestellt werden konnten, die durch Nachschleifen und Polieren behoben worden sind. Gleichzeitig wurde eine leichte Korrektur der Schaufelform in Fionnay selbst durch die Lieferfirma vorgenommen.

Nach einer weiteren Wintersaison hat man alle Laufräder nacheinander ausgebaut. Da es sich zeigte, dass die Korrektur an einem Rad das Kavitationsverhalten verbesserte, wurde diese noch verstärkt und an allen Rädern in den Werkstätten des Lieferanten durchgeführt. Das Betriebsverhalten dieser Räder, die Turbinenwirkungsgrade sowie die Maximalleistungen haben die Verwendung von Francis-Turbinen für dieses extreme Gefälle gerechtfertigt und volle Befriedigung gegeben.

Als mangelhaft haben sich lediglich die Filter für das Steuerwasser der Druckregler erwiesen. Sie sind zu klein und zu feinmaschig, so dass sie bei nicht häufiger Reinigung ein ungewolltes Öffnen der Druckregler verursachen.

### 2. Generatoren Fionnay

Wie bereits erwähnt, sind diese Gruppen vertikalachsiger und die Spurlager befinden sich über dem Stator. Die Belastung dieser Lager mit 176 t Axialschub bei 750 U/min liegt wesentlich über den bisher bekannten Ausführungen. So ist es nicht erstaunlich, dass anfänglich nach 8 Monaten Betrieb an den Ablaufkanten der Segmente Abnützungsercheinungen auftraten, deren Ursache nicht bekannt waren und deren Wirkung bei Verschlimmerung zu Befürchtungen Anlass gab. Durch den Betrieb dieser Gruppen zur Spitzendeckung ergaben sich sehr viele Anläufe und Stillsetzungen. Auf Grund von Versuchsergebnissen vermutete man, dass diese Abnützung beim Auslauf kurz vor dem Stillstand und auch beim Wiederanfahren mit bereits warmem Oel durch die Grenzschmierverhältnisse zwischen Segmenten und Tragring verursacht wurde. Der inzwischen durchgeführte Betrieb bestätigte die Richtigkeit dieser Vermutung. Abhilfe konnte geschaffen werden durch Anheben des Rotors unmittelbar vor dem Anlauf, so dass frisches Oel zwischen die Segmente und den Tragring eintreten konnte. Ebenso wurde für die Abkühlung des Oeles vor dem Stillstand ein verlängerter Auslauf ohne Last und bei verringerter Drehzahl vorgeschrieben und die Bremsung des Rotors erst im letzten Moment, gerade vor Zusammenbruch des Oelfilms erlaubt. Neue Segmente mit sulfidgehärteter Oberfläche zeigen nach einer Winterbetriebsperiode nun keine Abnützungen mehr, die zu Befürchtungen Anlass geben könnten.

Die am Stator angebauten Rippenrohrkühler verursachten einige Betriebsstörungen durch Risse der Wasserrohre, die jedesmal zum Einbau des Ersatzkühler-Elementes zwangen. Durch Erniedrigung der Temperaturdifferenz zwischen Wasser-Aus- und Eintritt und möglicherweise noch durch Hintereinanderschaltung von je zwei Kühlerelementen hofft man, auch diesen Schwierigkeiten Herr zu werden.

### 3. Turbinenschieber Fionnay

Hier handelt es sich um Drehschieber von 1200 mm NW mit Doppelabdichtung und Ringkolbenantrieb mit gesteuertem Wasserdruck zum Öffnen und Schliessen. Eine nach drei Jahren Betrieb kürzlich durchgeführte Revision ergab, dass die Dichtungsringe aus Schmiedebronze wegen Erosionen und die zugehörigen Manchetten wegen Abrieb ersetzt werden mussten.

Als Abschlussorgane für die Hilfsgruppen werden Keilschieber verwendet, die bei Uebergeschwindigkeit des Zuflusses schliessen. Ungeeignete Materialkombination des Steuerventils hatte eine so starke Undichtheit zur Folge, dass sich der Servomotor-Öffnungszylinder über das Steuerventil entleerte und eine automatische Schliessung eintrat. Um solche Störungen auf dem Hilfsbetriebsnetz auszuschalten, wurden die Steuerventile derart abgeändert, dass Bronze mit rostfreiem Stahl zusammen arbeitet. Seither trat keine Undichtheit mehr auf.

### 4. Freistrahlturbinen Riddes

Alle fünf Turbinen haben sich aufs beste bewährt. Eine anfängliche Undichtheit des Nadelschiebers der hydraulischen Bremse wurde rasch behoben. Das unerwünschte selbsttätige Öffnen der Düsenadeln nach dem Abschalten der Reglerölpumpen infolge Neigung des Turbineneinlaufrohres konnte durch den Einbau von zusätzlichen Schliessfedern vermieden werden. Sonst sind keine nennenswerten Schwierigkeiten aufgetreten.

### 5. Generatoren Riddes

Bei diesen horizontalachsigen Synchron-Maschinen von 500 U/min traten anfänglich Schwierigkeiten infolge übermässiger Abnützung der Bronze-Schmierringe in den beiden Bocklagern von 650 mm Durchmesser auf. Bei der Umfangsgeschwindigkeit von 17 m/s pendelten diese Ringe um die Vertikale durch den Auflagepunkt und erst eine zusätzlich eingebaute Zweipunkt-Pendelführung brachte den gewünschten ruhigen Lauf, womit auch die übermässige Abnützung behoben war.

Die gleichen Störungen, wie sie sich bei den Generator-Kühlern in Fionnay zeigten, traten auch bei den Kühler-Elementen in Riddes auf. Als Abhilfe ist ebenfalls eine Verringerung der Temperaturdifferenz des Wasseraus- und Eintritts und eine Aenderung der Schaltung vorgesehen.

#### 6. Turbinenschieber Riddes

Auch diese Drehschieber von 700 mm NW sind mit Doppelabdichtung und Ringkolbenantrieb versehen. Infolge des hohen Druckes von rund 100 at sind bei den Dichtungsringen aus rostfreiem Stahl, bei den Manchetten-Dichtungen der Ringkolben und der Drehkörperzapfen Undichtheiten aufgetreten, die teils durch Einbau besser geeigneten Dichtungsmaterials, teils durch blossen Ersatz von Fall zu Fall behoben wurden.

## Buchbesprechungen

**Praktische Spannungsoptik.** Von L. Föppl und E. Mönch. II. Auflage. 209 S. mit 163 Abb. Berlin 1959, Springer-Verlag. Preis geb. 30 DM.

Dans la première édition de ce livre, parue en 1950, les deux auteurs s'étaient surtout proposés de montrer aux ingénieurs comment appliquer le plus judicieusement possible le phénomène de la biréfringence accidentelle — la photoélasticité — soit au contrôle, soit à l'élaboration d'un projet d'une pièce de machine ou de construction. Ce n'était donc pas un ouvrage général qu'ils avaient voulu écrire sur la biréfringence accidentelle, mais un traité spécial visant à un but utilitaire précis. Ils avaient cependant dépassé ce but, car on trouvait aussi, dans leur livre, un résumé de l'énorme expérience acquise pendant de nombreuses années en photoélasticité par le laboratoire du professeur L. Föppl, à Munich (voir Schweiz. Bauzeitung 1951, p. 243).

Dans cette seconde édition, notablement plus étendue que la première, les auteurs ont visé encore plus loin. Non seulement ils ont largement tenu compte des très récents progrès de la photoélasticité, mais ils ont considérablement augmenté la partie où ils décrivent divers procédés spéciaux, qui ont permis d'agrandir le domaine d'application de cette discipline. Ayant, en outre, tenu à présenter au lecteur une importante série de nouvelles applications, ils ont été ainsi amenés à refaire la rédaction de plus de la moitié de l'ouvrage.

Il s'agit donc d'une seconde édition entièrement refondue, tenant compte des principaux progrès acquis dans les dix dernières années, en particulier, de ceux concernant la *photoélasticité tridimensionnelle*. Signalons aussi que cet ouvrage contient certaines considérations intéressantes sur l'étude des phénomènes plastiques à l'aide de la lumière polarisée, étude qui porte aujourd'hui le nom de *photo-plasticité*.

Comme nous l'avons fait autrefois pour la première, nous recommandons vivement la lecture de cette seconde édition, non seulement aux chercheurs utilisant ou s'intéressant à la biréfringence accidentelle, mais à tout ingénieur ayant affaire au problème si délicat de la détermination des tensions intérieures. Ce livre présente d'ailleurs un intérêt pédagogique évident, les nombreuses photographies reproduites rendant en quelque sorte «visibles» ces tensions. Les étudiants en sciences techniques le liront donc également avec intérêt. Prof. Dr. H. Favre, EPF, Zurich

**Berechnen und Entwerfen der Schweisskonstruktionen.** 2. Auflage. Dritter Band des Praktischen Handbuchs der gesamten Schweissttechnik. Von P. Schimpke, H. A. Horn und J. Ruge. 334 S. mit 814 Abb. Berlin/Göttingen/Heidelberg 1959, Springer-Verlag. Preis geb. DM 33.60.

Durch viele Beispiele, eingeteilt nach den Anwendungsgebieten Maschinenbau, Fahrzeugbau, Brücken- und allgemeiner Stahlbau, Kranträger, Behälter, Rohrleitungsbau und Schiffbau, gibt das Buch dem Konstrukteur praktische Unterlagen für die Berechnung und den Entwurf von Schweisskonstruktionen. Die neuen Werkstoffnormen sowie die Eigenschaften der Baustähle mit besonderem Hinweis auf

deren Schweissbarkeit werden in einem besonderen Abschnitt eingehend behandelt. Tabellarische und graphische Darstellungen erleichtern das Berechnen geschweisster Konstruktionselemente. Auf den Leichtbau mit Anwendung von Rohren, Abkantprofilen, Punktschweisverbindungen wird ebenfalls hingewiesen. Das Buch ist sowohl für Studierende wie für Praktiker ein wertvolles Hilfsmittel.

W. Kollros, dipl. Ing., Luzern

## Ankündigungen

### Schweizerische Verkehrstagung 1959

Die Schweizerische verkehrswissenschaftliche Gesellschaft (SVWG) veranstaltet am 1. Oktober 1959 im Kongressaal des Verkehrshauses der Schweiz, Luzern, Lidostrasse, eine Tagung über aktuelle Fragen der schweizerischen Verkehrspolitik mit folgendem Programm: 9.30 h Begrüssung durch Dr. R. Cottier, Präsident der SVWG, anschliessend Dr. H. Gschwind, Präsident der Generaldirektion der SBB, Bern: «Die Schweiz. Bundesbahnen und die Verkehrskoordination». Dr. A. Raaflaub, Generalsekretär des Schweiz. Strassenverkehrsverbandes, Bern: «Probleme der Strassenverkehrswirtschaft im Zusammenhang mit dem Bau des Nationalstrassennetzes». Dr. W. Berchtold, Delegierter des Verwaltungsrates und Direktionspräsident der «Swissair», Zürich: «Die Swissair und das Strahlflugzeug». Gemeinsamer Lunch im Verkehrshaus, ab 14.30 h: Dr. W. A. von Salis, Generalsekretär der Eidgenössischen Post-, Telephon- und Telegraphenverwaltung, Bern: «Probleme und Entwicklungen im schweizerischen Nachrichtenwesen». Nationalrat Dr. N. Jaquet, Präsident der Basler Vereinigung für schweizerische Schifffahrt, Basel: «Marktfrachten oder Tarifrachten in der Rheinschifffahrt?». Dr. G. Dreyer, Direktor der Chemins de fer Fribourgeois, Fribourg: «Les chemins de fer privés sous l'empire de la nouvelle législation ferroviaire». Dir. S. Bittel, Direktor der Schweizerischen Verkehrszentrale, Zürich: «Die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiete des Fremdenverkehrs». Ende der Tagung etwa 17 h.

Anmeldung bis 26. Sept. an den Sekretär der SVWG Dr. H. Schwabe-Burckhardt, Totentanz 14, Basel. Tagungsbeitrag für Mitglieder 5 Fr., für Nichtmitglieder 8 Fr.

### Weiterbildungskurs für höhere Mathematik

Die Sektion Zürich des Schweizerischen Technischen Verbandes veranstaltet im Wintersemester 1959/60 bei genügender Beteiligung im Maschinenlaboratorium der ETH einen Weiterbildungskurs, an welchem vorwiegend praktische mathematische Probleme behandelt werden (Hauptsätze der Integralrechnung, Unendliche Reihen, Integrale von Funktionen mit mehreren Variablen, Komplexe Zahlen, Veränderliche und Funktionen). Dozent ist Prof. Dr. A. Häusermann, Zürich. Kurskosten: 40 Fr. für 18 Doppelstunden. Anmeldung bis 24. Okt. 1959 durch Einzahlung des Kursgeldes auf das Postcheckkonto der Reisekasse VIII 13 254.

### Institut für Angewandte Psychologie, Zürich

Das Institut (Zürich, Merkurstrasse 20) führt im Wintersemester 1959/60 insgesamt zehn Fachkurse durch, die folgende Gebiete betreffen: Berufsberatung und Berufsbildung, Quantitative Methoden in der Psychologie, Individualpsychologie, Charakterkunde, Erziehungsberatung, Berufskrankheiten, Berufskunde. Ausserdem werden Betriebsbesichtigungen durchgeführt, und es finden psychologische Übungen statt. Ferner sei auf die psychologischen Abendvorlesungen hingewiesen.

### Ausstellungen im Kunstgewerbemuseum Zürich

*Chinesische Keramik* aus einer Zürcher Privatsammlung vom 16. Sept. bis 18. Okt. 1959 im Foyer des Erdgeschosses und *Experimentelle Aesthetik* (Foto-Ausstellung) vom 18. Sept. bis 18. Okt. 1959 im Foyer Vortragsaal 1. Stock. Die Ausstellung ist offen: Montag bis Freitag 10—12, 14—18 h, Samstag 10—12 h, Sonntag geschlossen, Eintritt frei.

Nachdruck von Bild und Text nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Redaktion: W. Jegher, A. Ostertag, H. Marti, Zürich 2, Dianastrasse 5. Telefon (051) 23 45 07 / 08.