

# Wasserkraftanlagen in den Ost- und Westalpen und im Massif Central

Autor(en): **Gut, Walter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **74 (1956)**

Heft 44

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-62732>

## **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.

- [34] A. Bauer: The balance of the Greenland Ice-Sheet. «Journal of Glaciology», Vol. 2, No. 17, p. 456—462, 1955.
- [35] A. Bauer: Ueber die in der heutigen Vergletscherung der Erde als Eis gebundene Wassermenge (Expeditions Polaires Françaises. Missions P. E. Victor.) «Eiszeitalter und Gegenwart», Bd. 6, S. 60—70, 1955.

- [36] P. J. Wyllie: Ice recession in Dronning Louise Land, north-east Greenland. «Journal of Glaciology» Vol. 2, No. 20, p. 704—708, 1956.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. R. Haefeli, Susenbergstrasse 193, Zürich 44.

## Wasserkraftanlagen in den Ost- und Westalpen und im Massif Central

DK 621.29

Von Ing. S. I. A. Walter Gut, Elektro-Watt AG., Zürich

Fortsetzung von S. 657

### d) Kraftwerke Plateau Central — Rhone

Im Sommer 1947 sind Projekte bekannt geworden, die vielversprechende Wege für den Ausbau der Wasserkraft am Oberlauf der Loire und des Allier zeigten. Die Verhältnisse liegen dort so, dass zum Teil nur 20 km westlich der Rhone (Koten 150 bis 0 m. ü. M.) ein etwa 140 km breites, gebirgisches Hochplateau liegt, das von 1500 bis 1200 m ü. M. sich langsam nach Norden senkt. Von dieser Hochebene fliessen die mächtige Loire und ihr Zufluss Allier nach Norden ab, während die Rhone in entgegengesetzter Richtung nach Süden strömt. Im Westen stehen als Abschluss des Hochlandes die höchsten Erhebungen des Massif Central, der Puy de Sancy (1886 m ü. M.), der Puy Marie (1787 m ü. M.) und der Plomb du Cantal (1868 m ü. M.), von denen die Niederschläge in die Dordogne und die Truyère, also in den Atlantischen Ozean fliessen.

Von Süden her greifen Lot und Tarn, die beiden grossen Zuflüsse der Garonne, um das Massif Central herum in das Gebiet des Mont Aigoual (1567 m ü. M.), des Mont Lozère (1702 m ü. M.), der Stadt Langogne und des Mont Mézenc (1754 m ü. M.) hinüber. In dieser Gegend, einer der abgelegensten Frankreichs, stossen die Einzugsgebiete aller dieser Gewässer (mit Ausnahme der Dordogne) an die des Hérault, des Gardon, des Chassezac und der Ardèche, die nach kaum mehr als 100 km Lauf ins Mittelmeer oder in die Rhone münden.

Der Aufstieg aus dem Tal der Ardèche bis zur Wasserscheide erfolgt in einer mediterranen Landschaft mit Kastanien- und Maulbeerbäumen, über mit niedrigem Gebüsch bestandene Bergabhänge. Auf der Regenkarte zieht sich ein grosses, halbmondförmiges Gebiet vom Gardon bis gegen die spanische Grenze, rd. 70 km breit, mit mittleren Niederschlä-

gen pro Jahr von etwa 500 mm längs der Küste und 1000 bis über 2000 mm in den Bergen. Diese stürzen in sintflutartigen Regengüssen und Gewittern nieder. Die gesamte jährliche Niederschlagsmenge kann innerhalb wenigen Tagen fallen. Einige Zahlen maximaler 24stündiger Regenmengen laut zwanzigjährigen Aufzeichnungen des Office National Météorologique de France mögen dies belegen: Mont Aigoual (Gard) 369 mm am 19. Mai 1917, Montpezat (Ardèche) 250 mm am 28. November 1924, Privas (Ardèche) 278 mm am 18. August 1927, Gignac (Hérault) 255 mm und Valgorge (Ardèche) 278 mm am 26. Juni 1929, Villefort (Lozère) 254 mm am 6. November 1931. Die Ardèche z. B. kann in der Messstation Sauze bei St-Martin (Einzugsgebiet 2140 km<sup>2</sup> zwischen Koten 50 und 1400 gelegen) einen Minimalabfluss von 2 m<sup>3</sup>/s aufweisen, während das höchste registrierte Hochwasser 7500 m<sup>3</sup>/s, d. h. 3,5 m<sup>3</sup>/s km<sup>2</sup> ist. Für ein Einzugsgebiet von dieser Grösse sind das unvorstellbare Zahlen.

Jenseits der Wasserscheide trägt das einsame Hochland der Loire alpinen Charakter und ist von einer herben Schönheit. Die Niederschläge sind regelmässiger und ergiebig, zum Teil von über 2,0 m Höhe im Jahr, woraus sich die grosse Abflusshöhe von 1,26 m erklärt. Die Winter auf diesem Hochland sind schneereich und kalt; «sibirisch» nennt man sie. Eine Winterverbindung durch Tunnel ist aus diesem Grunde an einer Stelle unter der Wasserscheide hindurch gebaut worden.

Granite und Gneise bilden durchwegs das Substratum der obern Loire, der Cevennen und des obern Allier bis hinüber in den Rouergue (eine Gegend, über die bei der Besprechung des Kraftwerkes Pouget näher die Rede sein wird). Darauf haben mächtige vulkanische Eruptionen Höhenzüge aufgeworfen, die annähernd Nord-Süd verlaufen. Der erste zieht sich über etwa 80 km Länge vom Mégal (1435 m ü. M.) östlich der Stadt Le Puy über den Mont Mézenc (1754 m ü. M.), den Gerbier de Jonc (1551 m ü. M.) zu den Monts des Coirons über Rochemaure an der Rhone. Weiter westlich trennt der langgestreckte Basaltrücken der Monts du Velay das Tal der Loire von dem des Allier (mit seinen Basaltriffen zwischen Le Puy und Retournac), während die Montagnes de la Margeride den Allier von der Truyère trennen.

Der ganze Steilabfall gegen Südosten, bis dort, wo die Urgesteine unter die Kalke der Ebene zwischen Aubenas und Les Vans untertauchen, war auch Eruptionsgebiet. Lavaströme ergossen sich über die Hänge und bildeten mächtige Decken. Eine solche zwischen Vals und Montpezat ist 500 m dick; prächtige schwarze Basaltsäulen säumen wie Orgelpfeifen streckenweise Strasse und Fluss und man zeigt «pavés de géants», die Oberflächen solcher in prismatischen Säulen erstarrter Basaltdecken.



Bild 53. Uebersichtskarte des Massif Central mit Eintragung der beschriebenen Kraftwerke

Tabelle 29. Kraftwerk Montpezat «A», Hauptdaten

	Einzugsgebiete	Nutzbare Speicherinhalte
Veyradère	28 km <sup>2</sup>	—
Lac d'Issarlès	4 km <sup>2</sup>	34,0 Mio m <sup>3</sup>
Staubecken Gage	41 km <sup>2</sup>	3,3 Mio m <sup>3</sup>
Staubecken La Palisse	131 km <sup>2</sup>	7,8 Mio m <sup>3</sup>
<b>Total</b>	<b>204 km<sup>2</sup></b>	<b>45,1 Mio m<sup>3</sup></b>
Mittlere jährliche Abflussmenge (8,0 m <sup>3</sup> /s oder 1,26 m Abflusshöhe)		252 Mio m <sup>3</sup>
Bruttogefälle		634 bis 589 m
Installierte Leistung 2 × 58 000		116 000 kW
Mittlere jährliche Energieerzeugung		300 Mio kWh

### Kraftwerk Montpezat «A» [47], Bilder 53 bis 60

Die «Electricité de France» hat in diesem Gebiet ein Grosskraftwerk unter Einbeziehung des Kratersees von Issarlès verwirklicht. Dieser See, ohne Zufluss und Abfluss, der seit Jahrzehnten in den Projektdossiers spukte, hat damit die beste Ausnützung gefunden. Es ist über diesen Kraftwerkbau in Frankreich nicht viel publiziert worden; seine Eigentümlichkeiten sind jedoch von besonderem Interesse, so dass es sich lohnt, näher auf sie einzugehen. Die Tabelle 29 vereinigt die hauptsächlichsten Daten über dieses Kraftwerk, während über die Wasserzu- und -ableitungen folgende Angaben festzuhalten sind:

Zuleitung der Veyradère in den Lac d'Issarlès (minimale Betonstärke bei Felsspitzen 10 cm); Länge 3,46 km; Hufeisenprofil ausgekleidet 1,8 × 1,8 m, benetzter Querschnitt 2,65 m<sup>2</sup>; Hufeisenprofil unausgekleidet 2,1 × 2,4 m, Sohle betonierte, benetzter Querschnitt 3,25 m<sup>2</sup>. — Druckstollen (minimale Betonstärke bei Felsspitzen 15 cm): Von Issarlès bis La Palisse Länge 4,312 km; Hufeisenprofil ausgekleidet 3,3 × 3,0 m, benetzter Querschnitt 7,78 m<sup>2</sup>; maximale Wassergeschwindigkeit 2,83 m/s. — La Palisse bis 0,6 km vor Wasserschloss Länge 12,413 km; Hufeisenprofil ausgekleidet 3,6 × 3,3 m, benetzter Querschnitt 9,24 m<sup>2</sup>; Hufeisenprofil unausgekleidet 3,45 × 4,0 m, Sohle betonierte, benetzter Querschnitt 10,6 m<sup>2</sup>;  $v_{\max}$  2,38 m/s. — Bis Wasserschloss Länge 0,6 km; Kreisprofil  $\varnothing$  2,6 m, benetzter Querschnitt 5,3 m<sup>2</sup>; Blechpanzerung,  $v_{\max}$  4,15 m/s. — Wasserschloss bis Schieberkammer Länge 0,11 km; Kreisprofil  $\varnothing$  2,4 m, benetzter Querschnitt 4,54 m<sup>2</sup>; Blechpanzerung;  $v_{\max}$  4,85 m/s. — Druckschacht (minimale Betonstärke bei Felsspitzen 20 cm): Länge 1,473 km; Kreisprofil  $\varnothing$  2,3 m, benetzter Querschnitt 4,15 m<sup>2</sup>; Dicke der Panzerung 12 bis 35 mm; Neigung 46,66 %,  $v_{\max}$  5,3 m/s. — Unterwasserstollen als Freispiegelkanal (minimale Betonstärke bei Felsspitzen 15 cm): Länge 2,335 km; Hufeisenprofil ausgekleidet 3,8 × 3,8 m, benetzter Querschnitt 11,75 m<sup>2</sup>; Hufeisenprofil unausgekleidet 4,15 × 4,5 m, Sohle betonierte, benetzter Querschnitt 13,75 m<sup>2</sup>. — Länge 0,35 km; Hufeisenprofil ausgekleidet 6,1 × 6,1 m, benetzter Querschnitt 30,5 m<sup>2</sup>; gemeinsam mit Kraftwerk Montpezat «C».

### Lac d'Issarlès

Dieser alte Explosionskrater des Vulkans Cherchemus ist 108 m tief und die Oberfläche des Sees (1,29 km lang, 1,0 km breit) misst etwa 0,9 km<sup>2</sup>. Die Abflüsse des Einzugsgebietes von 4 km<sup>2</sup> halten den Wasserspiegel auf 998 bis 1000 m ü. M. im Gleichgewicht mit der Verdunstung und den Verlusten, die durch den nördlichen natürlichen Seeabschluss aus Granit, Basaltblöcken und Steinen hindurchsickern und dort viele Quellen bilden. Nach harten Kämpfen ist die Einbeziehung des Sees in das Projekt Montpezat «A» im November 1948 von der Nationalversammlung in Paris angenommen worden.

Die Einlaufkote der Wasserfassung wurde auf 950 m ü. M. festgelegt, d. h. rd. 50 m unter dem normalen Wasserspiegel. Die Absenkung des Sees — direkte Anstiche haben sich leider in der Vergangenheit nicht als unbedingt sicher und einwandfrei erwiesen — ist mit aller Umsicht vorbereitet worden.

Im Jahre 1950 wurden systematische Aufnahmen der Seeufer unter Wasser unternommen und eine Sondierungskampagne gestartet. Eine erste Bohrung an der Stelle des Ufers, die den kürzesten Stollen ergeben hätte, zeigte Lockergestein bis auf Kote 935, d. h. 15 m unter der vorgesehenen Schwellenkote. Die Unterwasseraufnahmen des Seeufers ergaben aber, dass etwas nördlich der ersten Sondierung, dort wo auch über Wasser ein Granit-Felskopf sichtbar ist, unter Wasser eine fast senkrechte, 6 bis 8 m hohe Felswand bestehen musste, deren Umrisse und Qualität dann durch 15

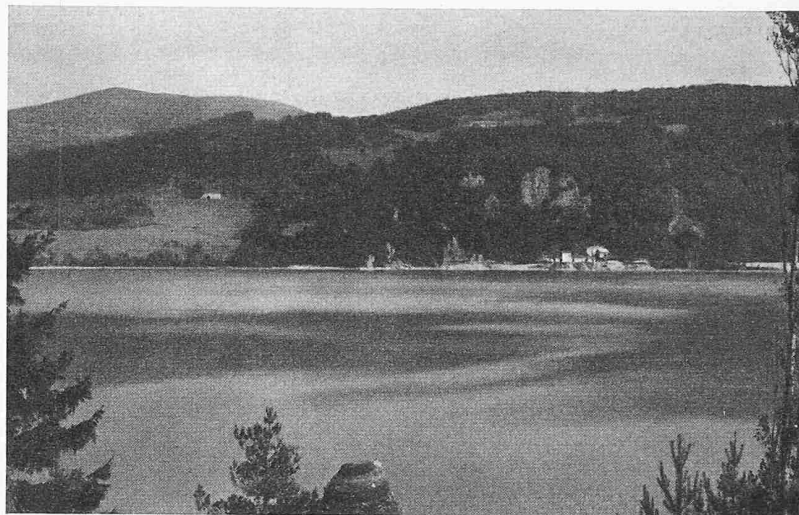


Bild 55. Lac d'Issarlès mit Baustelle des Seeanstichs

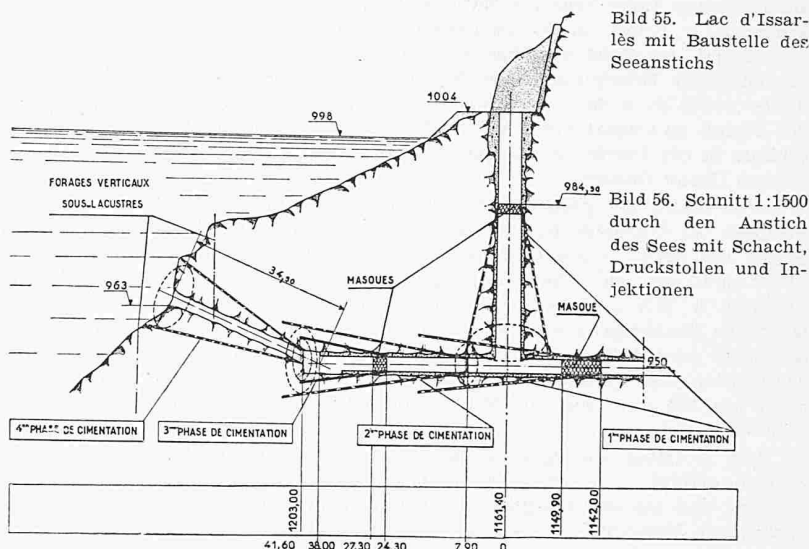


Bild 56. Schnitt 1:1500 durch den Anstich des Sees mit Schacht, Druckstollen und Injektionen

Bohrungen festgelegt wurden. Es bestand die Möglichkeit, einen Stollen am Fusse dieser Wand austreten zu lassen, der in standfestem Granit mit genügend Gesteinsmächtigkeit seitlich und im Scheitel von einem Schacht am Ufer aus vorgetrieben werden konnte. Damit würde der See um 38 m bis auf Kote 963 m ü. M. abgesenkt, was etwa 80 % der zu entleerenden Wassermenge entsprach. Man entschloss sich, den See auf diese Weise anzustechen. Die restlichen 13 m zwischen den Koten 963 und 950 sollten durch Vertiefen des Schlitzes abgesenkt werden, schliesslich aber sind Pumpen auf einer Schwimmbatterie eingesetzt worden.

Etwa 1 km vom Lac d'Issarlès entfernt ist ein 422 m langes Fenster vom Tal des Gage aus vorgetrieben worden sowie anschliessend der Druckstollen gegen den See; nur rd. 900 m talabwärts dieses Fensters ergiesst sich der Gage in die Loire. Der Druckstollen und das Fenster wurden vor dem Anstich vermauert, und eine Rohrleitung von  $\varnothing$  1 m führte das austretende Wasser durch das Fenster in den Vorfluter. Am Ufer des Sees, angesetzt auf Kote 1004,2, etwa 70 m von der Anstichstelle entfernt, ist ein senkrechter Schacht von 4,3 Meter Durchmesser abgeteuft worden. Doch schon auf Kote 984 waren die Sickerungen vom See her durch die Klüfte im Granit so stark (70 l/s), dass ein wirtschaftliches Arbeiten nicht mehr möglich war. Die Abteufung ist im November 1951 eingestellt worden.

Der Druckstollen wurde also vom Fenster Gage her vorgetrieben; ein grosser Einbruch 625 m vom Schacht weg legte die Baustelle jedoch von Dezember 1950 bis Mai 1951 still. Anfangs Januar 1952 erreichte der Vortrieb eine zerklüftete Gesteinspartie, die alle 75 cm mit Toussaint-Heinzmänn-Rahmen gestützt werden musste. Am 12. Januar 1952, nur 11 m vom Schacht und 80 m vom See entfernt, fuhr man

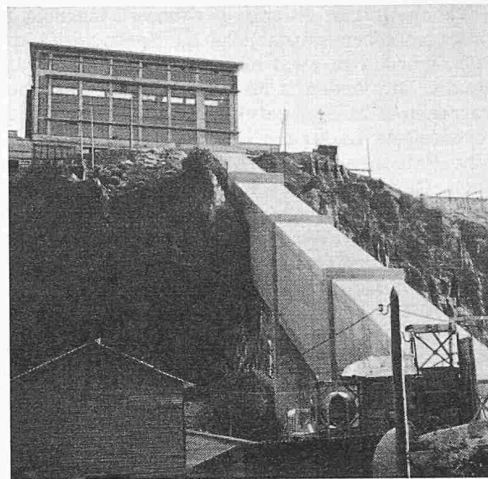
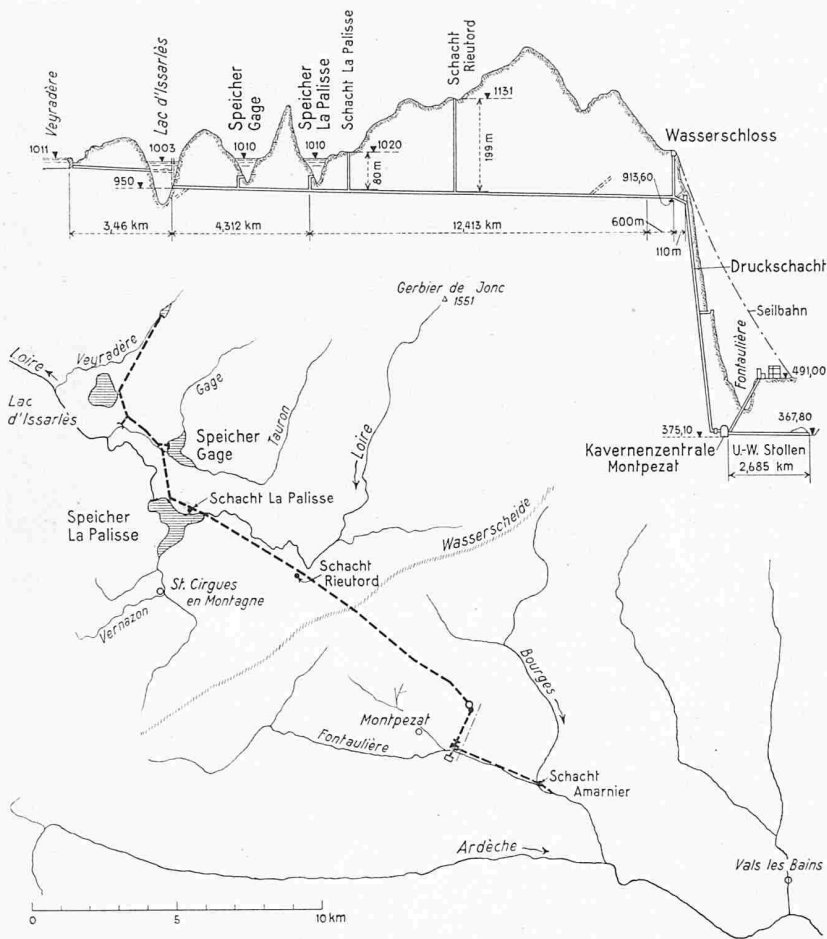


Bild 57. Demontagehalle (auf Kote 491,00, siehe Bild links nebenan) und Schrägschacht von der Kavernenzentrale

Bild 54 (links). Kraftwerk Montpezat, Lageplan 1 : 250 000 und schematisches Längenprofil

eine Kluft an, die 160 l/s Wasser brachte. Der Seespiegel senkte sich gleichzeitig um 1,5 cm im Tag; die Kluft stand also mit dem See in Verbindung. Der Vortrieb wurde wieder eingestellt; der Fels hatte sich als sehr zerklüftet erwiesen und mit der Gefahr eines Einsturzes des Stollens unter dem grossen Wasserdruck musste gerechnet werden. Ungünstig war andererseits, dass die Klüfte mit Verwitterungsprodukten des Granites, wie Sande und Tone vermischt mit Seeschlamm, gefüllt waren. Das Injektionsgut haftete teilweise an den Wänden der Spalten, die mit einem schmierigen Belag überzogen waren, sehr schlecht.

Man beschloss, den Stollen in normalem Profil (11,9 m<sup>2</sup> Ausbruch) so weit wie möglich im Schutze von kegelförmigen Injektionsschirmen gegen den See vorzutreiben, mindestens etwa 40 m über den Schacht hinaus. Von dort sollte ein Schrägstollen mit minimalem Profil unter 30 % Neigung gegen das Ufer hin ansteigen und am Fusse der Felswand in den See münden. Der Schacht sollte mit Hilfe des gleichen Injektionsverfahrens weiter abgeteufelt werden.

Das Hauptproblem bildeten die Injektionen. Der Erfolg des Arbeitsvorganges hing allein von ihnen ab. Es musste erreicht werden, dass trotz Wasserdruck, äusserst geringer Felsstärke oben und seitlich, trotz grossen und kleinen Klüften in allen Richtungen, der Schacht und insbesondere der Stollen im Schutze starker Injektionsschirme ohne Gefahr vorgetrieben werden konnten, bis zum letzten Abschuss, der den Ausfluss des Sees freigeben sollte. Das Injektionsgut und das Verfahren mussten mit sehr feinen Rissen wie auch mit Spalten von 10 cm Breite fertig werden, beständig sein gegen den hohen Wasserdruck und das Auswaschen durch die grossen möglichen Wassergeschwindigkeiten, ferner an den schlüpfrigen Wänden der Klüfte gut haften.

In vier Etappen ist das Seeufer erreicht worden, zum Teil im Schutze von fünffachen Injektionsschirmen. Zweimal im Stollen und einmal im Schacht mussten Betonpfropfen eingebaut werden, hinter denen man weiter bohren und injizieren konnte. Verwendet wurde normaler Portlandzement, speziell fein gemahlen, wenn es galt, verästelte Haar-Risse zu füllen. Er wurde mit Ton in Turbulenzmischern zu dem bekannten thixotropen Gemisch aufgearbeitet. Es sind auch verschiedene

Färbungsmittel verwendet worden, um nötigenfalls wichtige Sickerwege ausfindig machen zu können. In Zonen mit zerbröckeltem Gestein oder in Klüften, die mit grobem Material gefüllt waren, wurden Waschungen mit Druckwasser unter hohem Druck und Beigabe von Lösungsmitteln ausgeführt, die oft umständlich und teuer waren, ohne immer den gewünschten Erfolg zu haben. Die Zusammensetzung des Injektionsgutes passte man dem zu erfüllenden Zweck an, doch wurde nur soviel Ton beigegeben, dass die Druckfestigkeit nach 7 Tagen über 75 kg/cm<sup>2</sup> blieb. Sogar in nächster Nähe des Sees haben diese Gemische ihre ungemein grosse Penetrationsfähigkeit, die ausgesprochene Thixotropie und die besondere Widerstandsfähigkeit gegen das Auswaschen gezeigt. Zonen mit Haarrissen oder Einsturzgefahr sind vorgängig der Injektionen silikatisiert worden, wobei die Gelbildung zeitlich so geregelt wurde, dass der Zement vorher fertig eingepresst werden konnte. Diese Vorbehandlung mit Silikat hat das Eindringen des Injektionsgutes sehr gefördert. Sand wurde soweit erforderlich beigegeben.

Die Arbeiten dauerten ohne jeden Zwischenfall von Februar 1952 bis November 1953. Von 24,3 m nach dem Vertikalschacht, dem zweiten Betonpfropfen aus, wurde nach den Injektionsarbeiten ein 60-mm-Bohrloch mit Entnahme eines Kerns bis in den See vorgetrieben, das keine allzu schlechten Gesteinspartien aufschloss. Bei 41,6 m vom Schacht weg setzte man den Schrägstollen von 5 m<sup>2</sup> Ausbruchquerschnitt an, der zuerst mit Bohrlöchern von 1 m Länge vorgetrieben wurde, die aber in der Folge bis auf 50 cm verkürzt worden sind, um das Gestein nicht zu stark zu erschüttern. Gesprengt wurde zur Sicherheit in zwei Abschnitten jeweils des halben Querschnittes. Vor jeder Attacke sind leicht schräggestellte, 3 bis 4 m lange Kontrolllöcher vorgetrieben worden, hauptsächlich um allfällig von den Injektionen nicht gedichtete Spalten oder Klüfte aufzufinden. Der Stollen blieb jedoch bis zum Durchschlag vollständig trocken. Bei 6 m vor dem Austritt in den See sind sieben Bohrungen angesetzt worden, um die genauen Umrisse des Ufers festzulegen. Nach dem Durchstoss jedes Bohrloches wurde sofort ein Pfropfen etwa 30 cm vom Bohrloche auf der Seeseite eingezogen und das Loch auf der Stollenseite mit Mörtel injiziert, so dass beim Sprengen der Pfropfen nicht hinausgetrieben werden konnte. Bei ungefähr 3,15 m Wandstärke sind noch zwei weitere Sondierungen bis in den See gemacht worden, die auf die gleiche Art verstopft wurden. Ein Einbau oder auch nur ein Kopfschutz war nirgends nötig. Bei 2,5 bis 2,8 m Wandstärke vor Ort wurde der Durchschlag angesetzt. 52 Bohrlöcher  $\varnothing$  37 mm sind 2,4 m tief gebohrt worden, wovon die sechs obersten um

je 25 cm mit  $\varnothing$  30 mm verlängert wurden, ohne dass eines durchgestossen wäre. 102,5 kg Sprengstoff, d. h. 9 kg pro  $m^3$  Fels, wurden in zwei bis drei Ladungen in die Löcher eingebracht. Die Enden  $\varnothing$  30 mm der obersten Löcher wurden mit Patronen  $\varnothing$  24 mm gefüllt. In den Partien  $\varnothing$  37 mm sind zwei vorbereitete Ladungen eingebracht worden, zuerst zehn, dann acht Patronen, gezündet durch je eine Knallzündschnur pro Loch. Gestopft wurde mit einem Holzzapfen. Die Knallzündschnüre, auf vier elektrische Zündkapseln verteilt, die parallelgeschaltet waren, sind von einer 200 m langen Zündleitung mit Netzstrom gezündet worden. Die Sprengung hat keine besonders auffällige Wellenwirkung im See erzeugt, aber ein starker Luftstoss wurde am Schachtmund und an der Mündung der Entleerungsleitung beim Fenster Gage festgestellt. Ungefähr 120 sec. nach der Explosion floss die Entleerungsleitung voll mit rd.  $10 m^3/s$ .

Der gewählte Bauvorgang ist konsequent, überlegen und mit ruhiger Vorsicht durchgeführt worden; damit konnten 30 Mio fr. frs. eingespart und acht Wochen Bauzeit eingebracht werden. Der Anstich, unter schwierigsten Verhältnissen durchgeführt, ist ein Erfolg, der glücklicherweise dazu beitragen wird, die auf ungenügende Mittel zurückzuführenden früheren Misserfolge einiger direkter Anstiche zu verschmerzen.

Der Lac d'Issarlès ist bis 1003,0 m ü. M. aufgestaut worden. Die Entnahmeöffnung im See wurde mit einem Grobrechen von 20 cm Stabweite versehen, während im Schacht eine doppelseitig dichtende Abschlusschütze von  $2,5 \times 3,0$  m mit dahinter liegender Lufteinlass- und Einsteigöffnung eingebaut worden ist.

Von drei Fensterstollen (du Gage, des Oulettes 277 m Länge und du Montasset 263 m Länge) sowie, Besonderheit dieses Kraftwerkes, von zwei Vertikalschächten aus (La Palisse, innerer  $\varnothing$  5,8 m, Tiefe 80 m und Rieutord, innerer  $\varnothing$  5,8 m, Tiefe 199 m) ist der *Druckstollen* vorgetrieben und betoniert worden. Die vertikalen Schächte sind Schrägschächten vorgezogen worden und sie waren mit Fördereinrichtungen ausgerüstet, wie sie für Kohlen- und Erzminen üblich sind. Die Schächte sind 30 m seitlich der Stollenaxe gelegen. Die Entnahmen aus den Speichern in Gage und in La Palisse werden ebenfalls mittels Schächten in den Druckstollen eingeführt.

#### Sekundäre Staubecken

Die drei sekundären Staubecken sind durch Bogenmauern gebildet: *Staumauer de la Veyradère*, Staukote 1011 m ü. M.: Bogenmauer mit Hochwasserüberfall für  $180 m^3/s$  ( $6,43 m^3/s, km^2$ ), Höhe 12,5 m, Kronenlänge 45 m,  $1600 m^3$  Beton. *Staumauer du Gage*, Staukote 1010 m ü. M. [48, 49]: Dünne Bogenmauer mit Hochwasserüberfall von 65,8 m Länge für  $250 m^3/s$  ( $6,1 m^3/s, km^2$ ), Höhe 38 m, Kronenstärke 1,3 m, Stärke des Mauerfusses im Scheitel 2,57 m, Kronenlänge 143 Meter,  $4500 m^3$  Beton. Versuchs- und Experimentiermauer mit Druckbeanspruchungen des Betons von 85 bis  $100 kg/cm^2$ , mit über 100 Messgeräten ausgerüstet. *Staumauer La Palisse*, Staukote 1010 m ü. M.: Bogenmauer auf rd. 10 m hohe beidseitige Widerlagerblöcke abgestützt, die mittels kleinen Schwergewichtsmauern in den anstehenden Fels eingebunden sind. Hochwasserüberfall für  $700 m^3/s$  ( $5,34 m^3/s, km^2$ ), Höhe 55 m, Kronenlänge 176 m,  $30\,000 m^3$  Beton. Die Bogen-

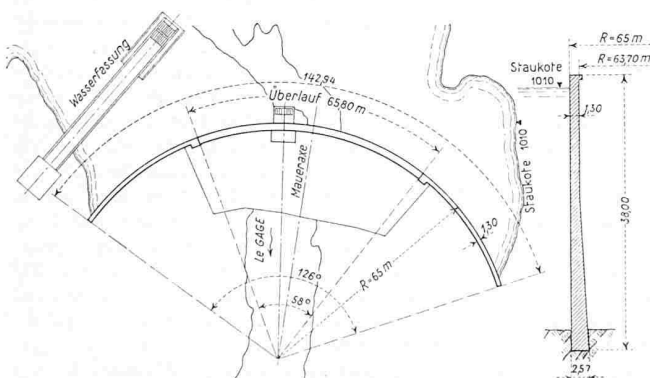


Bild 58. Staumauer du Gage, Plan 1:2000 und Schnitt 1:1000. Versuchs- und Experimentiermauer

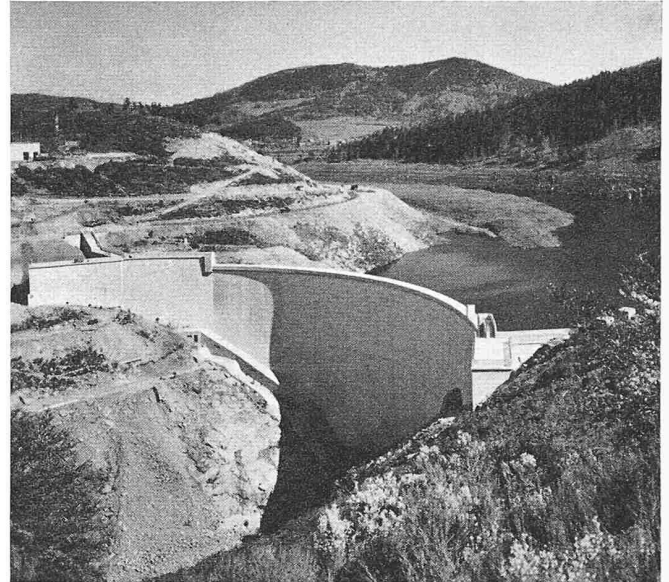


Bild 59. Staumauer La Palisse

mauern von La Palisse und Gage sind von den Ingenieuren Coyne & Bellier projektiert worden.

Die Zuschlagstoffe einschliesslich des Sandes für allen Beton der Baustellen wurden mittels rotierenden Steinbrechern aus dem örtlichen Granit gebrochen. Für die Staumauer La Palisse ist eine Ausfallkörnung 0 bis 3 mm, 8 bis 20 mm und 40 bis 120 mm mit  $P\ 300 kg/m^3$  verwendet worden; der Beton erreichte eine Druckfestigkeit von  $350 kg/cm^2$  nach 90 Tagen.

#### Uebrigere Bauwerke

Die Oberkante der Mündung des Schachtes La Palisse liegt nur 10 m höher als der Höchsthau im Becken La Palisse, die Oberkante des senkrechten *Wasserschlosses* von 111 m Höhe und 3,5 m Innendurchmesser, ohne Ueberlauf, mit unterer Expansionskammer im Stollen und oberer Erweiterung, ist nur 14,6 m darüber angesetzt. Am Anfang des *Druckschachtes* wurde eine Schieberkammer angeordnet. Ueber eine Luftseil-Pendelbahn von 7 t Nutzlast und einer Länge von 1,825 km bei 540 m Höhenunterschied (mit je zwei Tragseilen) führte man die Rohre der Druckschachtpanzerung vom Plateau von Soubeyrols auf 491 m ü. M. nach einem Zwischenfenster auf ungefähr halber Höhe oder zum Fenster du Montasset, das den Zugang zur Schieberkammer bildet. Endstation der Seilbahn war die obere Mündung des Wasserschlossschachtes. 22 m vor den Turbinenachsen sind vier Schieber von  $\varnothing$  1 m in einer Schieberkammer von 45 m Länge, 3,8 m Breite und 10 m Höhe vereinigt, die mit einem Laufkran von 30 t Tragkraft ausgerüstet ist und in den Unterwasserkanal entwässert. Der Eingang zur Schieberkammer in der Zentrale wird durch eine Panzertür verschlossen.

Die *Kavernenzentrale* liegt im standfesten Gestein etwa 60 m unter dem Bett des Flusses Fontaulière und 100 m seitlich davon. Kranbahnträger und Pfosten sind direkt an den Fels betoniert, vorläufig noch ohne Verkleidung des rohen Felsens in den Zwischenfeldern. Der Maschinenraum ist 60 m lang, im lichten 13,5 m breit und 16,5 m hoch über dem Maschinenboden, der auf Kote 375,1 m ü. M. liegt. Zwei Maschinengruppen in der Längsaxe des Raumes bestehen aus je einem Generator von 58 000 kW, flankiert von je einer zweidüsigen Pelton-turbine [50].

Vom Montageplatz aus führt der rd. 150 m lange Schrägschacht mit 55 % Steigung auf das Plateau von Soubeyrols (491 m ü. M.), wo die Dienst- und Wohngebäude stehen, die Transformatoren 15,5/225 kV mit der Demontagehalle untergebracht sind und die 225-kV-Schaltanlage liegt. Der obere Teil des Schrägschachtes ist für die Standseilbahn reserviert; die untern drei Abteile führen die gebrauchte Luft ab und nehmen folgende Leiter auf: zwei die blanken Schienen von den Generatoren zu den direkt gekuppelten Transformatoren und der dritte alle Signal- und Kommandokabel. Ueber die Fontaulière wird der Schacht mittels einer 61,7 m langen kasten-

förmigen Eisenbetonbrücke geführt, dimensioniert für eine auf der Seilbahn beförderte Last von 150 t. Der für die Einführung der Frischluft gebaute Schrägschacht von 14,25 m<sup>2</sup> Querschnitt, 145 m Länge und 63 % Steigung diente zuerst als Bauzugang und mündet in den Taleinschnitt der Fontaulière.

Die abgelegenen Baustellen sind von der 150-kV-Uebertragungsleitung Bagnols-Monistrol d'Allier her mit Energie versehen worden. In der Transformatorstation La Palisse wurde die Spannung auf 60 kV für die Versorgung der Transformatorstation Montpezat reduziert. Die Bauplätze der Loire wurden direkt von La Palisse aus mit 10-kV-Leitungen gespiesen, während Montpezat die unteren Baustellen mit Energie versorgte. Eine 225-kV-Leitung wird die erzeugte Energie nach Monistrol d'Allier bringen; vorläufig wurde im Jahre 1954 über La Palisse und die Abzweigung der Baustromversorgung in die grosse Uebertragungsleitung eingespiesen.

Der Unterwasserkanal ist von einem 19 m tiefen, 3,0 × 3,6 m im Licht messenden Schacht aus vorgetrieben worden, der rd. 200 m oberhalb der Mündung in den Fluss Fontaulière liegt, dort, wo ein Nebental einmündet.

Ausführungstechnisch ist neben dem Anstich des Sees von Issarlès, die durch das Fehlen jeglicher alluvialer Ablagerung in weitem Umkreis notwendig gewordene ausschliessliche Verwendung von gebrochenen Zuschlagstoffen für den Beton, der Angriff der Stollen über Schächte und der Bau von grossen Stollenquerschnitten im Basalt festzuhalten.

Das Kraftwerk Montpezat «A» ist Ende 1954 dem Betrieb übergeben worden. Die Möglichkeit einer wesentlichen Erweiterung des Kraftwerkes Montpezat («C») wird gegenwärtig überprüft. Ferner soll das Gefälle später bis an die Rhone auf ungefähr Kote 80 m ü. M. ausgenützt werden (Stauhaltung Rochemaure des Rhonekraftwerkes Montélimar).

#### Literaturverzeichnis

- [47] R. Giguët, F. Auroy, H. André, R. Barbedette: Le percement du lac d'Issarlès. Les travaux de perforation. Les travaux de reconnaissance et de cimentation. «Travaux», 1954, S. 141/155.
- [48] J. Bellier: Aménagements de la Loire supérieure. Barrage du Gage. Projet. «Travaux», mai 1955, Supplément au No 247, S. 62/64, et Applications de l'extensométrie acoustique aux travaux publics. «Numéro spécial des mémoires du groupement pour l'avancement des méthodes d'analyse des contraintes G. A. M. A. C.» Paris 1955, S. 16/26.

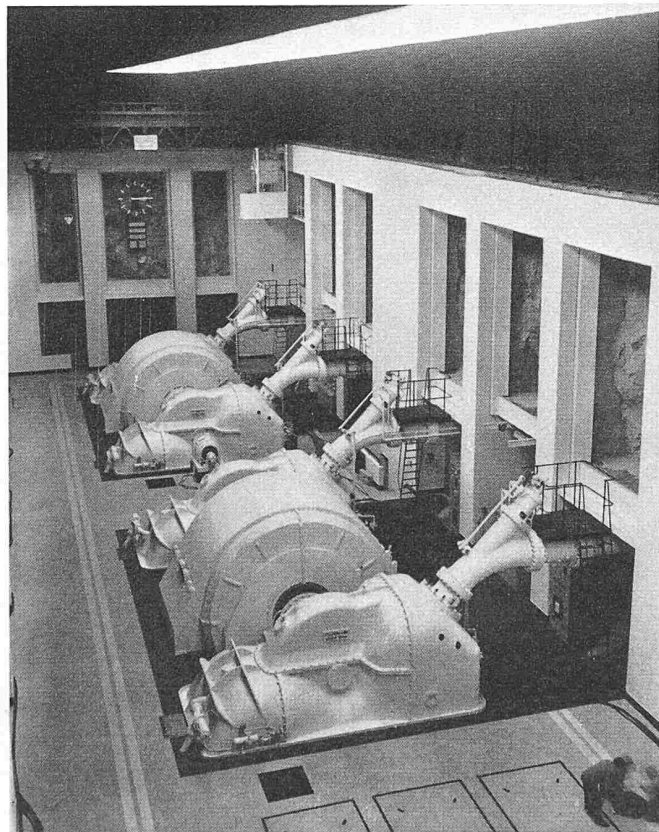


Bild 60. Zentrale Montpezat mit Escher-Wyss-Turbinen und Oerlikon-Generatoren

[49] G. Mauboussin: Barrage du Gage. Exécution des travaux. «Travaux», mai 1955, Supplément au No 247, S. 65/70.

[50] G. Gysi, F. Schneebeli: Hochdruck-Francis- und Freistrahlturbinen. «Escher-Wyss-Mitteilungen» 1952/53, S. 42/46 Montpezat (ferner S. 36/39 Soverzene, S. 48/50 Kaprun). Fortsetzung folgt

Durch ein Versehen der Redaktion ist in Tabelle 25 der Ausdruck «Leistung» eingesetzt worden, statt «mittlere jährliche Erzeugung».

## Schweiz. Elektrotechnischer Verein DK 061.2 SEV

Der S. E. V. hielt am 6. Oktober im Cinéma Rex in Solothurn seine 72. Generalversammlung ab. Prof. Dr. F. Tank, Vorstand des Institutes für Hochfrequenztechnik an der ETH, präsierte die Versammlung in der an ihm bekannten eleganten Art und Weise. In seiner Ansprache berichtete er über die Neubauten und das weitere Bauvorhaben des Vereins. Im April 1951 — sagte der Präsident — wurde durch eine ausserordentliche Generalversammlung die erste Etappe des Ausbaues der Vereinsliegenschaften im Betrage von 1,1 Mio Fr. beschlossen. Die Generalversammlung von 1954 fasste einen weiteren Baubeschluss, wonach die zweite Etappe des Bauvorhabens nach einem abgeänderten Projekt mit einem Kostenaufwand von 1,42 Mio Fr. ausgeführt werden soll. Heute ist der neue, sog. Ostbau, enthaltend die Zähler-Eichstätte, die Zähler-Revisions- und Reparaturwerkstätte, die Instrumenten-Reparaturwerkstätte, sowie das photometrische Laboratorium, fertiggestellt und bezogen. Der sog. Zwischenbau ist zum grössten Teil erstellt und beherbergt bereits das chemische Laboratorium und die Leiterprüfungsabteilung. Der Rohbau des Hochspannungslaboratoriums ist vollendet. Das letzte Glied in der Kette, der an die Seefeldstrasse grenzende Westbau, sollte im Oktober unter Dach sein. Er ist für Teile der Materialprüfanstalt, des Starkstrominspektorates und für das Sekretariat des SEV bestimmt. Ein Blick auf die Finanzlage zeigt folgende Situation: Die total bewilligte Bausumme beträgt 2,52 Mio Fr. (dazu kommen für Inneneinrichtungen 1,01 Mio Fr., die durch Rückstellungen gesichert sind). An Beiträgen à fonds perdu wurden 647 000 Fr. gezeichnet, an 2½prozentigen Obligationen 993 000 Fr. Den Rest von 880 000 Fr. hat der Verein durch Anleihen und zu einem kleineren Teil durch eigene Mittel zu decken.

Nach den einführenden Worten des Präsidenten wurde der geschäftliche Teil der Generalversammlung schnell erledigt. Prof. Dr. F. Tank hat sich entschlossen, sein Amt als Präsident des SEV auf Ende 1956 niederzulegen. Als neuen Präsidenten wählte die Generalversammlung H. Puppikofer, Direktor der Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich. Nach Ablauf von neun Jahren Zugehörigkeit zum Vorstand schied auch Prof. Dr. E. Juillard, Lausanne, als Vizepräsident aus diesem aus. Als Nachfolger wurde M. Roesgen, Direktor des Elektrizitätswerkes Genf, gewählt. Für eine weitere Amtsdauer wurden die Vorstandsmitglieder E. Hess, Direktor der Lonza Elektrizitätswerke und chemische Fabriken AG., E. Manfrini, Direktor der S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, M. Roesgen, Direktor des Elektrizitätswerkes Genf und Dr. P. Waldvogel, Direktor der AG. Brown, Boveri & Cie., bestätigt. Als neue Vorstandsmitglieder wurden gewählt: W. Bänninger, stellvertretender Direktor der Elektro-Watt AG., H. Kläy, technischer Leiter der Porzellanfabrik Langenthal AG., P. Payot, Delegierter des Verwaltungsrates und Direktor der Société Romande d'Electricité, und Prof. H. Weber, Vorstand des Institutes für Fernmeldetechnik an der ETH.

Am Nachmittag referierte Prof. Dr. R. Durrer, Gerlafingen, über die Eisenversorgung der Welt. Er vertritt eindringlich den Gedanken, dass unser Land die Leistungsfähigkeit seiner Walzwerke unter allen Umständen ausnützen sollte, damit es in der Weltversorgung mit Eisen mitreden darf. Da der Eisenbedarf der Schweiz gegenwärtig rd. 1,25 Mio t pro Jahr beträgt und nur zu etwa einem Fünftel aus eigener Produktion (in der Hauptsache durch regenerierendes Umschmelzen von Schrott) gedeckt wird, müssten mit allen Mitteln die eigenen Erzvorkommen ausgenützt werden. Unsere Eisenerze, mit einem Metallwert von etwa 20 Mio Tonnen, sind zwar mit ihrem Eisengehalt von 20 bis 30 % als eisenarm zu bezeichnen. Zweckentsprechende neue Methoden sollten es jedoch ermöglichen, diese an Eisen armen Erze auch wirtschaftlich nützen zu können. Diesbezügliche Versuche sind im Gange und ermutigen zu weiteren Forschungen.

E. Schiessl