Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 74 (1956)
Heft: 35

Artikel: Wasserkraftanlagen in den Ost- und Westalpen und im Massif Central
Autor: Gut, Walter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-62695

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

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

Wasserkraftanlagen in den Ost- und Westalpen und im Massif Central

Forts. von S. 509

Von Ing. S. I. A. **Walter Gut,** Elektrowatt, Zürich

DK 621.29

2. Kraftwerk Malgovert [31]

Dieses Kraftwerk nützt das Gefälle zwischen Les Brévières und Bourg-St. Maurice aus und überbrückt die seit 1924 betriebene Wasserkraftanlage *Viclaire* mit 395 m Gefälle, 37 000 kW installierter Leistung und 192 Mio kWh erzeugter Energie, die nun auf 28 Mio kWh herabgesunken ist. An Malgovert ist zwischen 1941 und 1947 gebaut worden, damals jedoch nur für eine ausgenützte Wassermenge von 30 m³/s. Das Stauwehr in Les Brévières und das damit geschaffene Ausgleichbecken sind aber schon 1936 erstellt worden. Nach der Nationalisierung und der Gründung der «Electricité de France» wurden dann 1947 die Arbeiten im Zusammenhang mit Tignes-Brévières neu projektiert. Die Ausführung ist beschleunigt worden, so dass im Sommer 1953 das ganze Werk in Betrieb kam. In Tabelle 21 sind die Hauptdaten der Anlage zusammengestellt.

Die bis zum Km. 9 des *Druckstollens* (benetzte Querschnitte: Hufeisenprofil, 4,2 m × 4,5 m Höhe, ausgekleidet, für guten Felsen 16,38 m²; Kreisprofil ⌀ 4,55 m, ausgekleidet, für schlechten Felsen 16,25 m²; max. Wassergeschwindigkeit 2,96 m/s) angetroffenen Gesteinsverhältnisse im Karbon waren normal, dann folgten aber etwa 100 m Trias und darauf sehr gestörte Schiefer und Sandsteine wieder im Karbon. Diese schwierigen Gesteinsverhältnisse sind mittels 14 Stollenfenstern gemeistert worden. Die Triaspartie, eingerahmt durch die beiden Fenster 12 und 13 neu (Fenster 13 alt musste aufgegeben werden), von denen aus nach aufwärts und abwärts der Stollen einigermassen normal vorgetrieben werden konnte, hat an die vier Jahre Mühen, Untersuchungen, Misserfolge und Versuche gekostet. Denn auf etwa 50 m Länge waren wasserhaltige feine bis feinste Quarzitsande zu durchfahren, die teilweise in Form weicher Paste von keinem Einbau gehalten werden konnten oder als Schlamm die Stollen füllten. Nachdem mit den im Stollenbau üblichen Methoden nichts erreicht worden war, wurde die Geologie der Strecke durch Sondierbohrungen von der Geländeoberfläche aus gründlich abgeklärt. Darauf ist dann mit dem Injektionsspezialisten der Bauvorgang festgelegt worden, der aus kombinierten Silikat- und Zementinjektionen bestand, welche die ganze zu durchörternde Zone verfestigten. Die sehr bemerkenswerte Arbeit hat vollen Erfolg gehabt und der Stollen konnte schliesslich ohne Schwierigkeiten ausgebrochen und verkleidet werden [34]. Die Stollenzimmerung bestand auf der ganzen Länge ausschliesslich aus Stahlrahmen, aber der normale Rahmenabstand von 1,25 m musste häufig auf die Hälfte oder auf ⅓ vermindert werden. Für die Auskleidung wie für die Injektionen wurde der im Gipswasser beständige Zement «Supercilor sursulfaté», der aus 80 % Hochofenschlacke, 15 % Anhydrit und 5 % Portlandzement besteht, in Dosierungen von 325 bis 350 kg pro m³ Beton verwendet.

Das gedrosselte *Wasserschloss,* ein Vertikalschacht von 18 m Innendurchmesser und 45 m Höhe, erweitert sich im obersten Teilstück trichterförmig auf 30 m Durchmesser. Selbst bei einer plötzlichen Abschaltung der ganzen Ma-

Tabelle 21. Kraftwerk Malgovert, Hauptdaten

Einzugsgebiete			
Kraftwerk Brévières		249 km²	
zusätzliche Einzugsgebiete		39 km²	
Total		288 km²	
Mittl. jährl. Abflussmenge			
Kraftwerk Brévières		353 Mio m³	
zusätzliche Einzugsgebiete		43 Mio m³	
Total (12,6 m³/s oder 1,37 m Abflusshöhe)		396 Mio m³	
Grösstes Hochwasser		186 m³/s	
Ausgenützte Wassermengen		45 und 48 m³/s	
Wehr in der Isère bei Les Brévières			
Staukote		1557,0 m ü. M.	
2 Oeffnungen mit Doppelschützen		5,0 × 6,5 m	
1 Oeffnung mit Doppelschütze		2,0 × 6,5 m	
Nutzbarer Speicherinhalt		0,18 Mio m³	
Druckstollen: Länge		14,7 km	
Mittl. Gefälle		1,75 ‰	
Max. Bruttogefälle		750 m	
Installierte Leistung 4 × 64 000 =		256 000 kW	
Mittl. jährl. Energieerzeug.:	Sommer	50 Mio kWh	8 %
	Winter	580 Mio kWh	92 %
	Total	630 Mio kWh	100 %

Herkunft der Photos: 33, 38, Monchanin Périchon, Villeurbanne; 34—37, 42, 45, 47, 48 Baranger, Paris; 39, 46 W. Gut

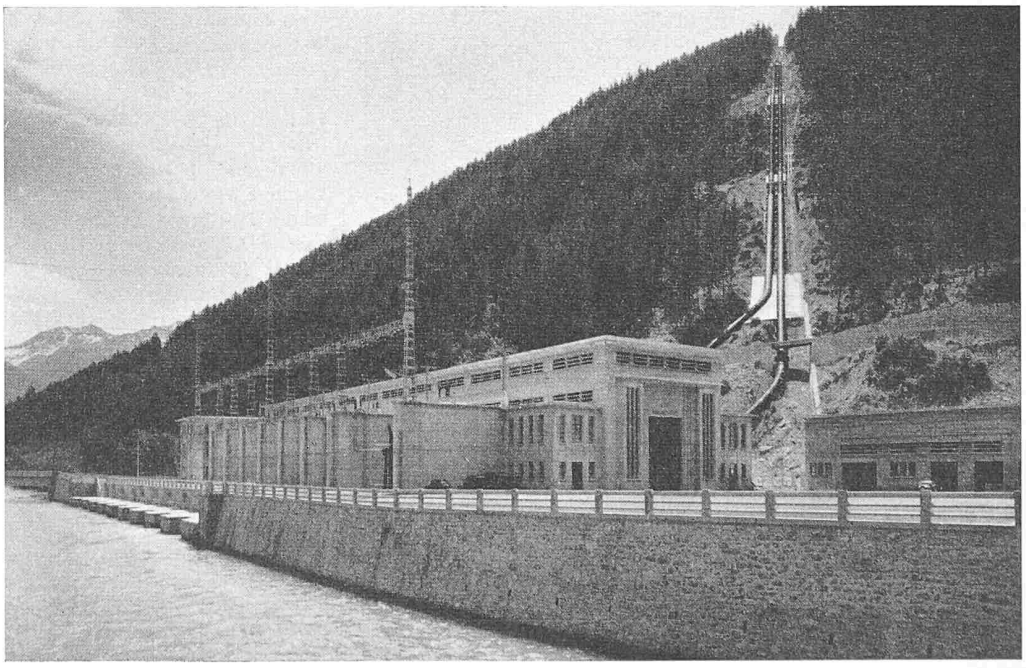


Bild 37. Druckleitung und Zentrale des Kraftwerkes Malgovert an der Isère

Bild 39. Kugelförmige Verteilstücke nach G. Ferrand, von 3,2 m Innendurchmesser

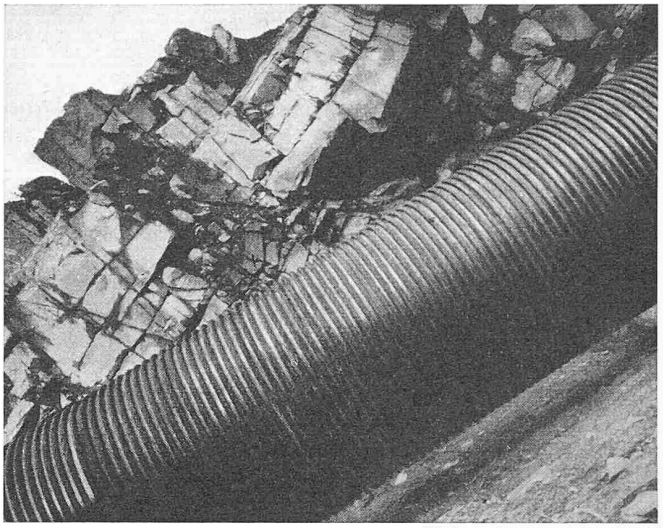
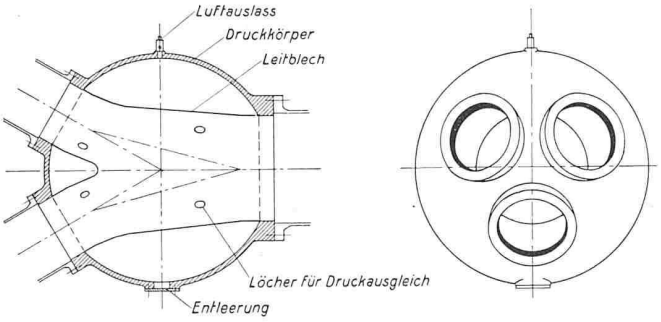


Bild 38. Druckleitung mit Verstärkung durch Seilschlaufen



Bilder 40 und 41. Schnitt und Ansicht eines Verteilstücks System Ferrand

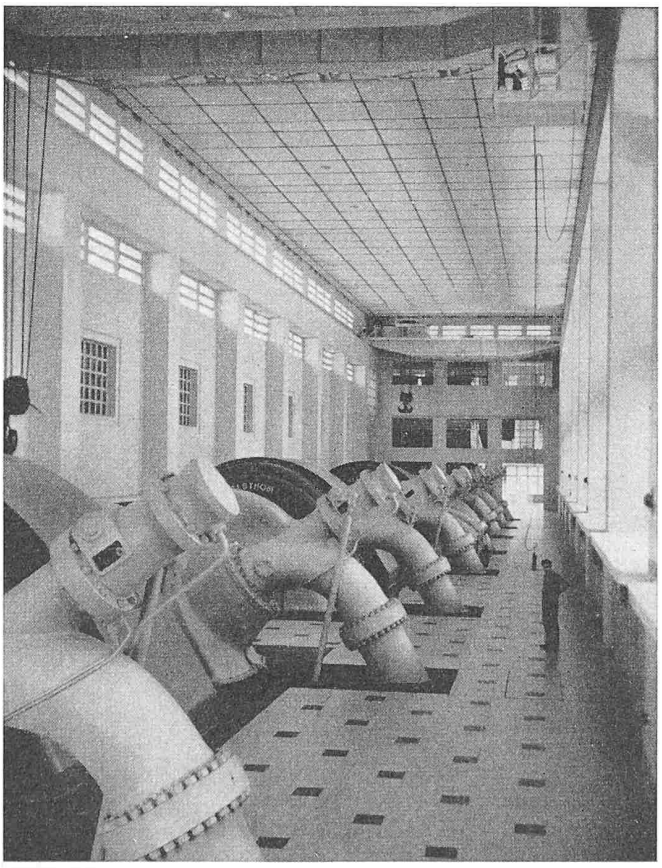


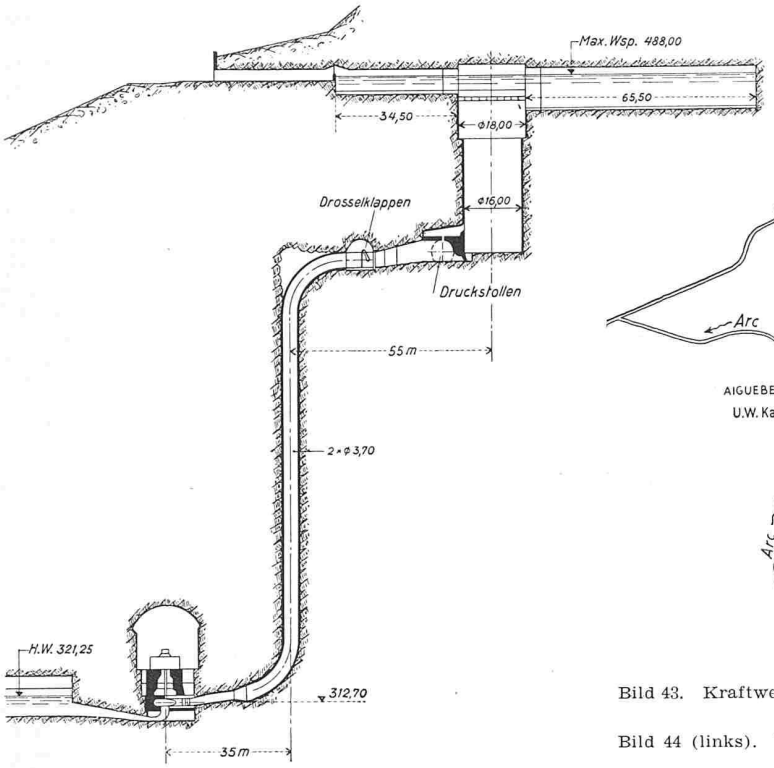
Bild 42. Zentrale Malgovert

schinenleistung kann der Schwall ohne Ueberlauf abgefangen werden. Auf das Wasserschloss folgen in klassischer Bauart 305 m gepanzerter Druckstollen von 9,4 % Neigung und 3,2 m Innendurchmesser, der sich beim Austritt aus dem Gebirge mittels eines Hosenrohres in zwei durch Drosselklappen kontrollierte Druckleitungsstränge von 2,2/2,1 m Durchmesser teilt.

Die beiden je 1550 m langen *Druckleitungen* [35] sind in 3,5 m Abstand nach «französischer Bauart» ohne jegliche Expansionen offen verlegt. Daran schliessen je zwei Verteilleitungen ⌀ 1,4 m zu den vier Maschineneinheiten an. Jeder Strang verteilt sich nochmals in je zwei Zuleitungen von ⌀ 1,0 m an die Turbinen beidseitig der Generatoren. Der obere Teil der Druckleitung besteht aus geschweissten Rohren von 2,2 m Innendurchmesser in Chromkupferstahl von 54 kg Zugfestigkeit pro mm², durch Einzelschlaufen aus Stahlkabeln (7 Litzen aus 3 mm Draht) von 200 kg/mm² Zugfestigkeit verstärkt. Der untere Teil der Druckleitung von 2,1 m innerer Weite ist mit den selben geschweissten Blechen erstellt worden, die jedoch mit kalt aufgezogenen Stahlringen von 115 kg/mm² Zugfestigkeit verstärkt sind. Die Bleche werden in einer ersten Abpressung in der Werkstatt nach dem bekannten Verfahren des «auto-frettage» von G. Ferrand [36, 37] in die Seilschlaufen oder Stahlringe kalt gereckt und diese selber gespannt, so dass sie schliesslich den Innendruck im wesentlichen übernehmen [1]). Die Kosten solcher Rohre sollen 30 % niedriger sein als die von gewöhnlichen geschweissten Rohrleitungen. Die max. 10 m langen Rohre, in der Werkstatt auf zweimal den höchsten Betriebsdruck abgepresst (wie übrigens auch die Verteilstücke), wurden nach Montage stumpfgeschweisst. Jedes Rohr wird durch einen Betonsockel mit Rohrsattel getragen, ferner sind 17 Verankerungsblöcke von 11 760 m³ auf die Länge verteilt. Die zwei grossen und vier kleinen Verteilstücke der Zuleitungen zu den Turbinen sind in Stahlguss in der von G. Ferrand entwickelten Form ausgeführt (Bilder 39—41). Der Innendruck wird von einem Stahlguss- oder Blechkörper aufgenommen, der die günstigste Form auch in Hinsicht auf die Herstellung aufweist. Die Wasserströmung wird durch gelochte, dünne Bleche geführt, die in der hydraulisch günstigsten Anordnung eingebaut sind. Die grossen Verteilstücke von Malgovert wiegen 40 t und haben 3,2 m Innendurchmesser. Das Totalgewicht der Druck- und Verteilleitungen beträgt 4250 t.

Das Gebäude der *Zentrale* misst 125 × 48 m und ist 18 m hoch; die Transformatoren sind auf der Längsseite des Maschinenhauses gegen die Isère aufgestellt, während die *Schaltanlage* gegenüber, auf dem andern Ufer des Flusses, Platz gefunden hat.

[1]) Nach diesem Verfahren werden blosse Rohrleitungen durch Ueberdruck kalt gereckt («surpressé»), oder die Bleche der Rohrleitung wie in Malgovert, in die Verstärkungsringe oder Seilschlaufen hineingereckt («auto-fretté»); schliesslich Bleche und Verstärkungsringe nach einem dritten Vorgehen zusammen kalt gereckt («auto-fretté surpressé»).



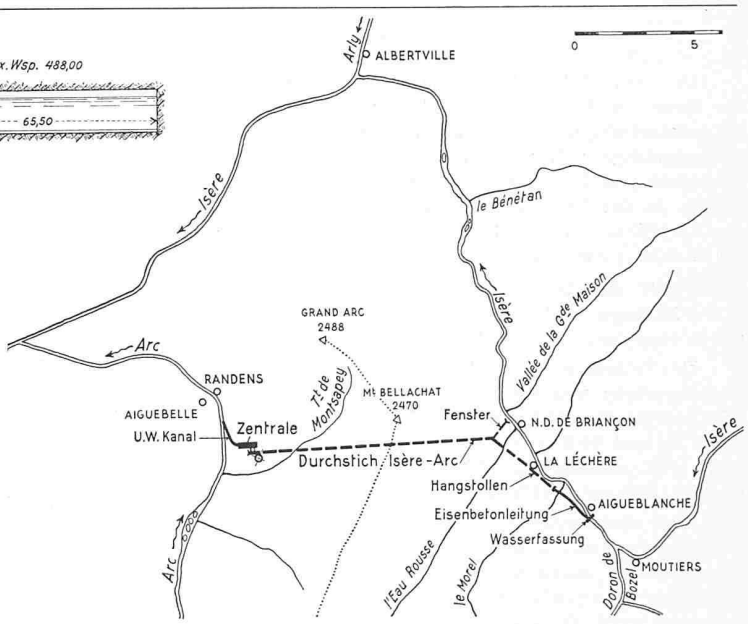


Bild 43. Kraftwerk Isère-Arc (Randens), Lageplan 1 : 300 000

Bild 44 (links). Wasserschloss, Druckschächte und Zentrale Randens, 1 : 2000

3. Kraftwerke Aime und Moutiers-Isère

Für diese Werke liegen erst Projekte vor, und zwar mit folgenden Daten: Kraftwerk Aime: installierte Leistung 60 000 kW, mittlere jährliche Energieerzeugung 180 Mio kWh; Kraftwerk Moutiers-Isère: installierte Leistung 67 000 kW, mittlere jährliche Energieerzeugung 155 Mio kWh.

4. Kraftwerk Isère-Arc (Randens) [38]

Das Gefälle der Isère nimmt unterhalb Moutiers rasch von 6 ‰ auf 2 ‰ ab, so dass die Nutzung der Rohwasserkraft längs des Flusses nicht mehr lohnend ist. Mittels einer Ueberleitung des gefassten Wassers in das Paralleltal der Maurienne lassen sich jedoch über 150 m Gefälle gewinnen; ein Durchstich von 10,6 km Länge einer Gebirgskette unter dem 2488 m hohen Mont Bellachat musste damit aber in Kauf genommen werden.

Die Untersuchungen über diesen Durchstich sind äusserst gründlich geführt worden und alle französischen und schweizerischen Fachleute der grossen Alpentunnels, deren Zahl immer kleiner wird, wurden konsultiert. Schliesslich ergaben die modernen Methoden des Tunnelbaues und die günstigen geologischen Verhältnisse in den kristallinen Schiefern eine wirtschaftliche Lösung mit durchgehendem, einseitigem Gefälle. Das Kraftwerk wurde dann zwischen Mitte 1947 und 1953 gebaut und am 1. März 1953 in Betrieb genommen. Die hauptsächlichsten Angaben über dieses, nicht nur wegen des grossen Tunnels, bemerkenswerte Kraftwerk sind in Tabelle 22 zusammengestellt.

Das *Stauwehr* [39] vom Typ Verbois in den Echelles d'Hannibal, einem Engpass zwischen Aigueblanche und Moutiers, ist auf einem 25÷30 m weit gespannten Gewölbe aufgebaut, das die 70 m tiefe Erosionsrinne überbrückt und die Auflast in die seitlichen Felswände ableitet. Das dichte, alluviale Material, das die Schlucht ausfüllt, ist zusätzlich gegen Sickerungen injiziert worden, hauptsächlich an den Kontaktflächen mit dem Fels und den Ueberbauten. Der Umlaufstollen, der für die Bauausführung nötig war, wurde durch einen gewölbten Kesselboden mit sprengbaren Befestigungsschrauben geschlossen. Das Wehr weist auf: zwei obere Oeffnungen mit

Tabelle 22. Kraftwerk Isère-Arc (Randens), Hauptdaten

Einzugsgebiete:	Isère in Moutiers	907 km²
	Doron de Bozel	668 km²
		1575 km²
	Ableitung Roselend	—120 km²
	Total	1455 km²
Mittl. jährliche Abflussmenge (50,1 m³/s oder 1,0 m Abflusshöhe)		1580 Mio m³
Tausendjähriges Hochwasser		1400 m³/s
Stauwehr:	Staukote	471,0 m ü. M.
	Nutzbarer Speicherinhalt	0,4 Mio m³
Ausgenützte Wassermenge		100 m³/s
Druckleitung:	Länge	2,463 km
	Gefälle	1,55 ‰
Druckstollen:	Länge	12,663 km
	Gefälle	1,3 ‰
	v_{max}	3,25 m/s
Max. Bruttogefälle		152,0 m
Install. Leistung		4 × 30 000 = 120 000 kW
Mittl. Energieerzeugung:	Sommer	300 Mio kWh (67 %)
	Winter	150 Mio kWh (33 %)
	Total	450 Mio kWh (100 %)

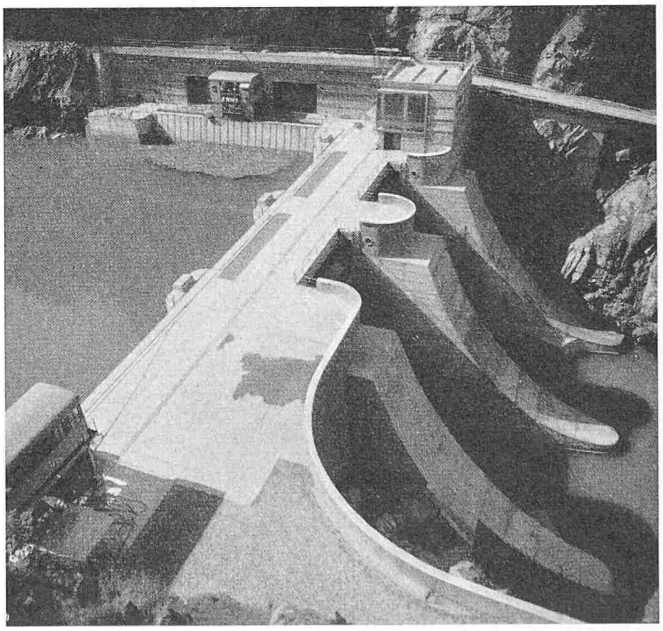


Bild 45. Stauwehr und Wasserfassung in der Isère bei Aigueblanche

Gleitschützen 10,0 × 5,0 m, zwei armierte Betonstauwände 10,0 × 11,9 m und zwei untere Sektorschützen 10,0 × 4,0 m.

Die *Druckleitung* in Eisenbeton hat bei 6,4 m Durchmesser einen benetzten Querschnitt von 32,17 m² (die max. Wassergeschwindigkeit beträgt 3,1 m/s), sie benötigte folgende Aufwendungen: Eisenbeton 8,5 m³/m, Magerbeton 4 m³/m, Stahleinlagen 1,45 t/m. Für den Druckstollen gelten folgende Daten: in der Trias-Zone ⌀ 6,0 m, 30,62 m², 131 m Länge; in der Lias-Zone ⌀ 6,4 m, 32,17 m², 933 m Länge und im Kristallin Hufeisen 6,0 × 6,6 m Höhe, 32,4 m², 12 663 m Länge.

Ueber den *Druckstollen*, seine Geologie, über Temperaturvorhersage und Bauausführung ist in dieser Zeitschrift schon eingehend berichtet worden [40, 41].

Das *Wasserschloss* ist für das Abbremsen und das in Bewegungsetzen von annähernd 500 000 t Wasser ausgebildet. Ein gedrosselter Schacht von 50,8 m Gesamthöhe (31 m mit ⌀ 16 m und 19,8 m mit ⌀ 18 m) ist oben durch zwei horizontale Kammern ohne Ueberlauf ergänzt. Es stehen insgesamt 21 500 m³ Auffangraum zur Verfügung.

Zwei senkrechte, gepanzerte *Druckschächte* von je 3,7 m Innendurchmesser sind 42 m seitlich der Druckstollenaxe angeordnet und münden horizontal in die um 35 m Axabstand versetzte Kavernenzentrale. Die beiden oberen Drosselklappen sind vom Fensterstollen aus erreichbar, der zum Wasserschloss und Druckstollen geht, die untern Kugelschieber liegen in der Zentrale mit Vorflutmöglichkeit in den Unterwasserkanal.

Der Talboden bei Randens ist alluvialen Ursprungs und für den Bau eines Maschinenhauses nicht geeignet. Der Grundwasserspiegel darin liegt sehr hoch. Um das Gefälle möglichst auszuschöpfen, hätte die Zentrale tief in den Boden hineingebaut werden müssen. Mit einer *Kavernenzentrale* [42] dagegen, für welche günstige geologische Voraussetzungen vorhanden waren, in nur 90 m Horizontaldistanz vom Wasserschloss, konnten die Druckregler an den Turbinen weggelassen werden. Anderseits wurde mit Druckschächten gegenüber offen verlegten Druckleitungen wesentlich an Stahlgewicht gespart. Die Panzerung ist für Spannungen von 26 kg/mm² dimensioniert worden; Messungen haben ergeben, dass die Bleche aber mit max. 7 kg/mm² beansprucht werden. Das Streichen der fast senkrecht stehenden kristallinen Schiefer läuft annähernd rechtwinklig zur Kavernen-Längsaxe. Die Kranbahn wurde deshalb direkt an den Felsen anbetoniert, der im übrigen nur einen rohen Gunitüberzug erhalten hat. Ein Blindgewölbe besteht auch nicht, und ganz allgemein ist der Fels, wo es irgendwie tunlich war, ohne Verkleidung belassen worden. Damit ist eine Kavernenzentrale entstanden, die im Gegensatz zu Soverzene äusserst nüchtern und sparsam, nur auf Zweckmässigkeit ausgerichtet ist. Die zwei Dreiphasen-Transformatoren stehen im vorderen, 33 m langen Teil der Kaverne, in den der Zugangsstollen und ein seitlicher Kabelkanal münden. Die vier vertikalachsigen Maschinen liegen im hintern, 58 m langen Trakt. Die Breite der Kaverne ist durchwegs 17,9 m.

Bild 46. Die Druckleitung ⌀ 6,4 m aus Eisenbeton

Der *Unterwasserkanal*, 217 m im Stollen und 1105 m im Talboden von Randens etwa 10 bis 12 m tief im Einschnitt, erreicht den Arc wenig oberhalb Aiguebelle.

5. Kraftwerk Roselend - La Bathie (Bild 30, S. 506)

Diese Hochdruckanlage in der Gegend zwischen Isère und dem Mont Blanc soll im Rahmen des nächsten Bauprogrammes von Wasserkraftwerken zur Ausführung kommen. Die Kavernenzentrale wird unterhalb des Dorfes La Bathie an der Isère, etwa 5 km talaufwärts von Albertville liegen. Das Staubecken Roselend im Tal des Doron de Beaufort wird ungefähr 15 km nordöstlich davon entstehen mit Staumauer beim Zusammenfluss der beiden Bäche von Roselend und von Treicol. Das ganze Gebiet des künftigen Kraftwerkes befindet sich in den kristallinen Schiefern, die als mächtiges Band vom Mont Blanc herkommend, über den Mont Bellachat-Randens nach der Kette von Belledonne und von Taillefer im Süden von Grenoble ziehen, teilweise überlagert von jüngeren Schichtfolgen.

Dem Speicher Roselend wird Wasser aus den Einzugsgebieten der Isère beim Kleinen St. Bernhard östlich von Bourg-St. Maurice, die nicht in das Staubecken Tignes eingeleitet werden, über 18,91 km Stollen und 4,45 km offen erstellte Leitungen und Kanäle zugeführt (obere Zuleitung). Seit 1951 besteht der unterste Teil dieser Zuleitung zwischen dem Torrent des Glaciers, der Combe neuve, La Gittaz und Roselend, umfassend 10,21 km Stollen und 2,0 km offen erstellte Leitungen. Dazu werden sämtliche Wasserläufe zwischen der Isère, Roselend und La Bathie über rund 1600 m ü. M. gefasst und mittels 16,95 km Stollen, 1,5 km Leitungen und zwei vertikalen Schächten in den Hauptstollen eingeführt (untere Zuleitung). Insgesamt wird das *Zuleitungssystem* 54 km Stollen und Kanäle, 27 Wasserfassungen in Gebirgsbächen und 3 in grösseren Wasserläufen umfassen, wobei der *Druckstollen* von 12,625 km Länge nicht eingerechnet ist. Die Tabelle 23 fasst die hauptsächlichsten Daten dieser Anlage zusammen.

Die *Staumauer Roselend* wird erst nach erfolgter Ausschreibung der Arbeiten endgültig festgelegt werden. Der Talweg liegt auf der linken Seite auf 1425 m ü. M., während rechtsufrig eine rd. 400 m lange Schulter auf 1500 m ü. M. das Tal abschliesst. Die Staumauer wird etwa 760 m lang werden. Das *Wasserschloss*, ohne Ueberlauf, soll aus einem Vertikalschacht von über 160 m Höhe bestehen, wovon 125 m einen Innendurchmesser von 9,5 m und 27 m eine lichte Weite von 12 m erhalten. Die verbleibende Höhe bildet die obere Kammer. Der gepanzerte *Druckschacht* von etwa 2024 m Länge soll eine Neigung von 61 % erhalten. Die Rohrdurchmesser werden zu 3,35 m, 3,1 m und 2,95 m angegeben, das Gesamtgewicht der Panzerung zu rd. 4000 t. Sechs Zwischenfenster sind zur Ableitung des Bergwassers und teilweise für die Montage vorgesehen. Die *Kavernenzentrale* für die Variante von sechs horizontalachsigen Maschineneinheiten wird 129 m lang und 18 m breit werden. Eine besondere Kaverne von 127,5 m Länge und 15 m Breite ist 20 m seitlich der Hauptkaverne für vier Dreiphasen- und sechs Ein-

Tabelle 23. Kraftwerk Roselend-La Bathie, Hauptdaten

Einzugsgebiete:	Obere Zuleitung	95 km²
	Roselend u. Tt. d. Glaciers	102 km²
	Untere Zuleitungen	60 km²
	Total	257 km²
Mittl. jährl. Abflussmengen:		
	Obere Zuleitung	117,7 Mio m³
	Roselend und Torrent des Glaciers	139,6 Mio m³
	Untere Zuleitungen	80,4 Mio m³
Total (10,7 m³/s od. 1,31 m Abflusshöhe)		337,7 Mio m³
Staubecken Roselend:	Staukote	1573,0 m ü. M.
	Nutzb. Speicherinh.	240 Mio m³
	Seeoberfläche	3,7 km²
Ausgenützte Wassermenge		50 m³/s
Mittleres Bruttogefälle (max. 1224 m)		1186 m
Installierte Leistung 6 × 77 500 =		465 000 kW
Mittl. Winter-Energieerzeugung		727 Mio kWh
(Rückgabe v. 144 Mio kWh an stillgel. Kraftwerke abgezogen)		

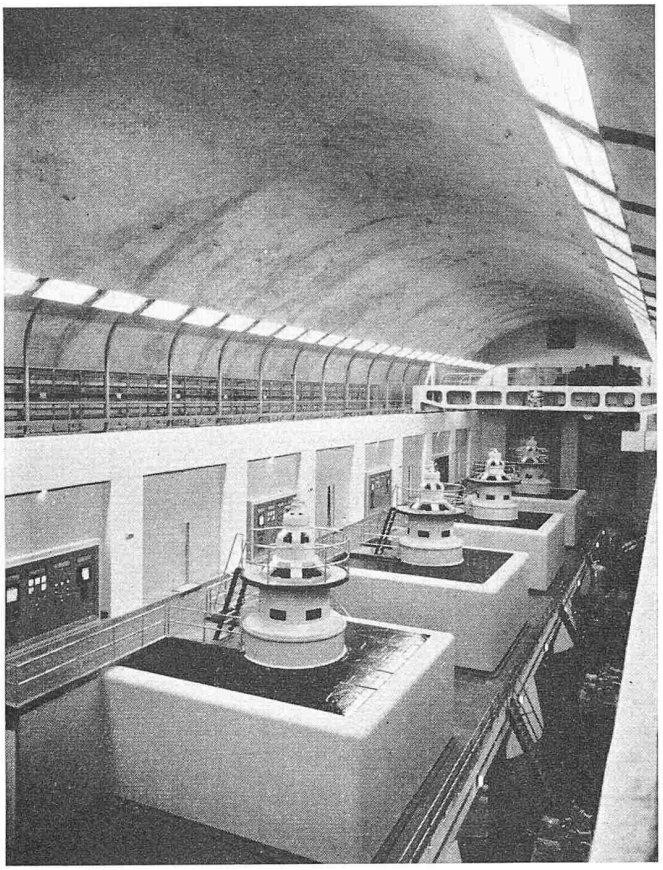


Bild 47. Gesamtbild

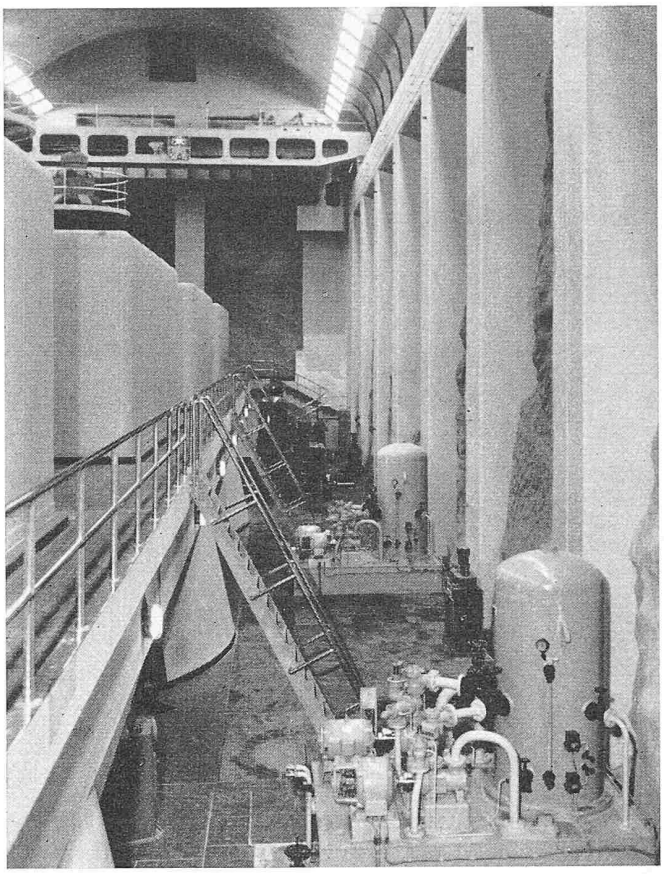


Bild 48. Turbinenboden mit Reglern

Die Zentrale Randens des Kraftwerkes Isère-Arc

phasentransformatoren projektiert. Der Zufahrtsstollen mit Bahngeleise von etwa 520 m Länge mündet in der Symmetrieaxe der beiden Kavernen und der Schieberkammer. Der *Unterwasserkanal* wird 1174 m lang, wovon rd. 550 m offen im Talboden der Isère und 624 m unterirdisch liegen. Als Bauzeit sind sechs Jahre vorgesehen.

b) Kraftwerke am Arc (Bild 30, S. 506)

Die Maurienne war eines der ersten Täler, dessen Rohwasserkraft für die Erzeugung von Elektrizität ausgenützt worden ist, in welchem sich anschliessend auch die Elektro-Chemie aus ersten Anfängen entwickelt hat. Im Jahre 1929 bestanden im Einzugsgebiet des Arc 11 Wasserkraftwerke von rd. 100 000 kW installierter Leistung und einer Energieerzeugung von ungefähr 600 Mio kWh im Jahr. Darunter befinden sich Werke, die 1897 und 1898 fertiggestellt worden sind, dann solche, die zwischen 1901 und 1918 entstanden sind, wobei die Mehrzahl jedoch vor dem ersten Weltkrieg gebaut wurde. Die Aufteilung der Stufen und die Energiegewinnung der Anlagen entspricht den heutigen Bedürfnissen bei weitem nicht mehr.

1931 bis 1935 entstand halbwegs zwischen Modane und St. Michel de Maurienne auf der linken Talseite das Kraftwerk *La Bissorte*, das den See gleichen Namens als Speicher benützt. Durch eine Staumauer von 63 m Höhe wurde der nutzbare Speicherinhalt auf 40 Mio m³ gebracht. Bei einem maximalen Bruttogefälle von 1144 m und einer ausgenützten Wassermenge von 7,5 m³/s sind in der Zentrale drei Maschineneinheiten zu je 24 000 kW, d. s. 72 000 kW, installiert. Die erzeugte Winterenergie beläuft sich auf 152 Mio kWh.

1939/40 und 1946 bis 1950 ist am Doron de Termignon das *Kraftwerk Aussois* [2]) gebaut worden. Zwei Staubecken, Plan d'Aval von 3,9 Mio m³ Inhalt (Kote 1943 m ü. M.) und Plan d'Amont (Kote 2088) werden über einen 16,3 km langen Zulaufstollen und acht Wasserfassungen aus einem Einzugsgebiet von 163 km² gespiesen. Nach 2,1 km Druckstollen für 12 m³/s und einer 1,8 km langen Druckleitung «auto-frettée» [37] von 1,6 und 1,7 m lichter Weite wird das max. Bruttogefälle von 855 m in drei Maschineneinheiten von je 24 000 kW, total 72 000 kW Leistung ausgenützt.

[2]) ausführlichere Beschreibung s. SBZ 1951, S. 592.

Jährlich werden im Mittel 350 Mio kWh erzeugt, wovon rd. 35 Mio kWh als mechanische Energie direkt im grossen Windkanal des Ministère de l'Air, der früher unfertig im Oetztal (Oesterreich) gestanden ist, verwendet werden.

Der ganze Lauf des Arc soll neu aufgeteilt und nach dem Schema der obern Isère modern ausgebaut werden, im Anschluss an ein grosses Staubecken von 340 Mio m³ nutzbarem Inhalt, das auf der Passhöhe des Mont Cenis geschaffen werden soll. Eingehende Studien darüber sind im Gange. Es wird sich um Kraftwerke von annähernd 1 Mio kW installierter Leistung handeln mit über 2,3 Mia kWh mittlerer jährlicher Energieerzeugung. *Fortsetzung folgt*

Literaturverzeichnis zu Kapitel IV, a) und b)

[30] *D. Olivier-Martin:* Barrages-réservoirs futurs en Savoie. «Travaux», Mai 1955, Supplément au N° 247, S. 41/45.

[31] *A. Ligouzat, F. Combe, J. Audy:* Barrage de Tignes. Chute de Brévières. Chute de Malgovert. «Travaux» 1951, S. 49/58.

[32] *J. P. Payan:* La chute des Brévières et le barrage de Tignes. «La Technique des Travaux» 1953, 32 Seiten.

[33] *A. Ligouzat, F. Combe, J. Audy:* Le barrage de Tignes. «Travaux» mai 1955, Supplément au N° 247, S. 29/40.

[34] *J. H. Rousselle:* Traversée d'un banc de quartzites fluants et sous pression par la galerie de Malgovert. «Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics» 1955, S. 55/79.

[35] *G. Ferrand:* The Malgovert Penstocks. «Water Power» 1954, S. 3/8.

[36] *G. Ferrand:* Utilisation du principe du relèvement de la limite élastique des aciers par écrouissage et vieillissement artificiel à la construction des conduites forcées et économie en résultant. «La Houille Blanche» 1953, S. 234/253.

[37] *G. Ferrand:* Chute d'Aussois. Essais sur tuyaux auto-frettés à frettage souple. «La Houille Blanche» 1947, S. 169/184.

[38] *P. Chapouthier, M. Kobilinsky:* Chute Isère-Arc (Centrale de Randens) «Travaux» 1951, S. 59/62.

[39] *X. Ract-Madoux* et *M. Bouvard:* Le barrage des échelles d'Annibal à Aigue blanche. «Travaux» 1956, S. 447/460.

[40] *K. Kobilinsky:* Der Durchstich Isère-Arc des Kraftwerks Randens. «Schweiz. Bauzeitung» 1955, S. 798/804 und 811/814.

[41] *C. Andreae:* Die Temperaturprognose im Tunnelbau. «Schweiz. Bauzeitung» 1953, S. 595/599 und 611/615; ferner *C. Andreae:* Gebirgsdruck und Tunnelbau. «Schweiz. Bauzeitung» 1956, S. 107/110 und 129/134.

[42] *D. Olivier-Martin:* La centrale souterraine de Randens, sa conception et son exécution. «Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics» 1954, S. 1262/1274.