

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 64 (1973)  
**Heft:** 25

**Artikel:** Die verschiedenen hydraulischen Betriebszustände des Kraftwerkes Vallorcine  
**Autor:** Calendray, J.F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915640>

### **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:** 03.04.2026

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

Temperatur des Wassers am Ausgang der Wärmeaustauscher (gegen die Kühler der Gruppe) . . .	15 °C
Wassergeschwindigkeit im Kanal bei Betrieb von 3 Pelton-Turbinen . . . . .	2,6 m/s
Minimaler Wasserzufluss in den Kanal (Pumpbetrieb, Verluste an den Wellendichtungen) . . . . .	117 m <sup>3</sup> /h

### 2. Umwälzpumpen

Zwei Pumpen, davon eine als Reserve	
Fördermenge pro Pumpe . . . . .	250 m <sup>3</sup> /h
Förderhöhe . . . . .	20 m WS
Bauart: horizontalachsige Zentrifugalpumpe	

### 3. Hauptwärmeaustauscher

Gruppen Nr. 2 und Nr. 3:

5 Austauscher, wovon jeder mit einem Rohrbündel aus 440 Rohren mit Kühlrippen aus einer Messing-Aluminium-Legierung. Länge der Rohre 3 m. Die Rohre sind angeschlossen an Verteilkästen aus verzinktem Blech (Schichtdicke 120 µ) und überzogen mit zwei Aralditschichten.

Jeder Wärmeaustauscher kann mit zwei Absperrorganen am Eingang und am Ausgang abgetrennt werden.

Durchmesser der Rohre: innen . . . . .	11 mm
aussen . . . . .	16 mm
Austauschfläche pro Austauscher: innen . . . . .	46 m <sup>2</sup>
aussen . . . . .	185 m <sup>2</sup>
Druckverlust für einen Austauscher . . . . .	5 m WS

Gruppe Nr. 1:

2 Wärmeaustauscher gleicher Bauart, wie vorstehend beschrieben, am Auslaufkanal der Francis-Turbine.

5 Wärmeaustauscher mit je 730 glatten Rohren, pro Austauscher mit folgenden Rohrdimensionen:

Innendurchmesser . . . . .	13 mm
Aussendurchmesser . . . . .	16 mm
Länge . . . . .	1 m
Äussere Austauschfläche pro Einheit . . . . .	33 m <sup>2</sup>

#### Adresse des Autors:

J. Perrier, Electricité de France, Région d'équipement hydraulique Alpes Nord, F 73001 Chambéry.

## Die verschiedenen hydraulischen Betriebszustände des Kraftwerkes Vallorcine

Von J. F. Calendray

Das ganze hydraulische System von Emosson ist reichlich kompliziert. Wir verzichten im vorliegenden Bericht auf eine detaillierte Beschreibung dieser Anlageteile und verweisen hiezu auf das Übersichtsdiagramm im Artikel von J. Perrier, Zentrale Vallorcine, Fig. 1. Im vorliegenden Bericht werden dagegen diejenigen Betriebszustände kurz beschrieben, für welche besondere Untersuchungen über die transitiven Zustände durchgeführt worden sind.

### A. Übersicht über die verschiedenen Betriebszustände

#### Fall 1

Die Zuflüsse der Zuleitung «Süd» werden im reinen Schwerkraftbetrieb dem Stausee Emosson zugeleitet. Die Zuleitung «Süd» ist in diesem Falle meist nur im letzten Teile zwischen der Fassung von Le Tour und dem Syphon von Belle Place unter Druck. Der obere Teil der Zuleitung Süd zwischen Le Tour und der Fassung von Argentière arbeitet als Freispiegelstollen.

Für die durchgeführten Berechnungen wurde dieser Stollenteil als Wasserschloss betrachtet. Die Fassung von Le Tour ist mit einem Sicherheitsüberlauf ausgerüstet, welcher die Wassermenge der Zuleitung «Süd» auf total ca. 15 m<sup>3</sup>/s begrenzt. Beim Betriebszustand von Fall 1 ist ein mehr oder weniger langer Teil des Druckschachtes von Belle Place (52 % Gefälle) im Freispiegelbetrieb. Die Höhenkote, von welcher an dieser Schacht unter Druck kommt, hängt vom Seestand des Speichers Emosson ab. Um das Mitreissen von Luft in den Druckschacht von Belle Place zu vermeiden, ist

er oben durch einen Syphon besonderer Bauart abgeschlossen (siehe Artikel von A. Paravy).

#### Fall 2

Das Wasser von Emosson wird in den Turbinen der Zentrale Châtelard-Vallorcine verarbeitet; und gleichzeitig ist die Zuleitung «Süd» ausser Betrieb. Für diese Abstellung der Zuleitung «Süd» gibt es zwei Möglichkeiten. Erfolgt die Abstellung durch den Trennschieber in Vallorcine, so haben wir für den Fall 2 den normalen Zustand eines klassischen Hochdruckkraftwerks. Erfolgt die Abstellung der Zuleitung «Süd» aber durch Schliessen des Schiebers von Belle Place, so wirkt der Druckschacht Belle Place-Vallorcine wie ein Wasserschloss, welches direkt bei den Turbinen von Vallorcine angeschlossen ist.

#### Fall 3

In den Turbinen von Vallorcine wird gleichzeitig sowohl Wasser aus dem Stausee Emosson als auch aus der Zuleitung «Süd» verarbeitet. In diesem Falle kann die Fliessrichtung des Wassers im Druckschacht Stausee Emosson-Vallorcine umkehren, wenn die Turbinen in Vallorcine abgestellt werden.

#### Fall 4

Das Wasser aus dem Ausgleichbecken Les Esserts (max. 1516 m ü. M.) wird mit Hilfe der Pumpen von Vallorcine (1125 m ü. M.) in den Stausee Emosson (min. 1785, max. 1930 m ü. M.) gepumpt und gleichzeitig ist die Zuleitung «Süd» entweder im Betrieb oder durch Abschliessen entweder des Schiebers von Vallorcine oder des Schiebers von Belle Place ausser Betrieb.

### Fall 5

Es wird gleichzeitig Wasser nach Emosson gepumpt und in Vallorcine mit der Francisturbine von Les Esserts kommandem Wasser turbinert, wobei die Zuleitung «Süd» im Betrieb oder abgestellt sein kann.

### Fall 6

In der Zentrale Vallorcine wird ein Teil der Zuflüsse der Leitung «Süd» in einer einzigen Turbine verarbeitet, und das System von Emosson ist davon getrennt. Auch hier haben wir wieder den klassischen Fall eines einfachen Hochdruckwerks. Weil dieser Betriebszustand aber nur sehr selten vorkommt, ist das Wasserschloss des Syphons von Belle Place nicht so dimensioniert, dass es allen denkbaren oder möglichen transitorischen Zuständen gewachsen wäre. Wie weiter unten gezeigt wird, erfordert auch das Vorhandensein des Syphons von Belle Place im Betriebe gewisse Vorsichtsmassnahmen. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass sich bei allen vorgenannten Betriebszuständen noch zusätzlich der Einfluss des Kraftwerks Châtelard SBB addieren kann, welches in bezug auf die Betriebsführung praktisch von Vallorcine unabhängig ist.

Die Kompliziertheit des ganzen Systems und die zahlreichen verschiedenen Möglichkeiten und Betriebszustände haben uns gezwungen, zu einem mathematischen Modell zu greifen, um alle Reaktionen des ganzen Systems auf die zahlreichen möglichen Betriebszustände und deren Änderungen kennenzulernen. Auf Grund dieser Untersuchungen konnten wir dann für den Betrieb gewisse Begrenzungen und Einschränkungen festlegen und die Bedienungs- und Stellzeiten der verschiedenen Organe fixieren.

### B. Berechnungsmethode

Die Untersuchungen wurden durch die Société Grenobleise d'études et d'applications hydrauliques (Sogreah) unter Verwendung eines allgemeinen Programms für transitorische Zustände auf deren Computer IBM 360.65 durchgeführt. Das Rechenprogramm verwendet die Methode Schnyder-Bergeron. Diese Methode unterteilt das ganze System in Elemente von rund 300 m Länge. Besondere kurze Stücke ermöglichen es, die einzelnen Singularitäten des Systems durch besondere Unterprogramme zu berücksichtigen. Einzelne dieser Unterprogramme sind für die vorliegende Untersuchung über Emosson speziell entwickelt worden. Solche Sonderfälle sind z. B. der gleichzeitige Betrieb der Francis-Turbine und der Pumpen von Vallorcine und die Simulation des Syphons von Belle Place, wo durch eine eindeutige Beziehung der Zusammenhang zwischen dem Volumen des leeren Teils des Syphons mit den Druckhöhen oberhalb und unterhalb des Syphons erfasst wurde.

Die charakteristischen Merkmale der Pumpen und der Francisturbine sind auf Grund von Ähnlichkeitsgesetzen in die Rechnung eingeführt worden. Für die Peltonturbinen wurde die Abhängigkeit des Durchflusses von der Turbinenöffnung berücksichtigt.

Die Wellengeschwindigkeit wurde für den Zuleitungsstollen mit 1270 m/s und für den Druckschacht mit 1250 m/s eingesetzt.

Das Zeitintervall beträgt für die Berechnungen im Normalfall 0,25 s. Für Sonderberechnungen, insbesondere über

das Verhalten der Pumpen, wurde das Zeitelement auf 0,02 s reduziert.

### C. Hauptresultate der Berechnungen

Im gesamten haben sich aus der Berechnung keine bedrohlichen oder gefährlichen Zustände gezeigt, aber gewisse Betriebsbeschränkungen wurden doch notwendig. Auch mussten die Stellzeiten gewisser Absperrorgane angepasst werden.

Die wichtigsten Untersuchungsergebnisse sind:

1. Im Falle von Wassertransport unter Schwerkraft darf der Trennschieber in Vallorcine unter keinen Umständen geschlossen werden. Dieses Schliessen des Trennschiebers würde nämlich bewirken, dass sich der Freilaufteil des Druckschachtes von Belle Place sehr rasch füllen würde, wodurch der Syphon fast plötzlich unter Druck käme, was unzulässige Wasserschläge zur Folge hätte. Der Trennschieber von Vallorcine wird deshalb in diesem Betriebszustand im offenen Zustand verriegelt, und eine allfällig notwendige Abstellung des Wasserflusses erfolgt durch Schliessen des Schiebers von Belle Place.

2. Für den Betriebsfall «Turbinen Vallorcine eingeschaltet» bei ausgeschalteter Zuleitung «Süd» wurde nichts Abnormales festgestellt. Das Vorhandensein der Zuleitung «Süd» verbessert sogar die Betriebsverhältnisse, weil der Druckschacht von Belle Place die Rolle eines zusätzlichen Wasserschlosses spielt.

3. Für den Pumpenbetrieb in Vallorcine mit oder ohne gleichzeitigen Turbinenbetrieb musste die Rechenzeit  $\Delta t$  auf 0,02 s vermindert werden. Es hat sich nämlich gezeigt, dass die Grösse der Wasserschläge bei den Maschinen bei einer Berechnungszeit  $\Delta t$  von 0,25 s nur knapp halb so gross wurden wie bei einer Berechnungszeit  $\Delta t$  von 0,02 s. Dies hängt wahrscheinlich mit der Leitungsdisposition bei den Maschinen zusammen, wo es sehr kurze Rohrstücke zwischen den Pumpen und Turbinen hat. Die Feststellung, dass eine Veränderung des Zeitintervalls für die Berechnungen aller anderen Systemteile praktisch keinen Einfluss auf die Rechnungsergebnisse hat, ermöglichte es uns, die Anwendung des Zeitintervalls von 0,02 s auf das unbedingt notwendige Minimum zu begrenzen.

4. Falls ausnahmsweise einmal einzig und allein das Wasser von der Zuleitung «Süd» in Vallorcine turbinert werden sollte, so müssen folgende Vorsichtsmassnahmen getroffen werden:

a) Öffnung des durch einen Deckel abgeschlossenen Antidruckstoßschachtes des Syphons von Belle Place.

b) Langsame Belastungssteigerung der Turbine unter Überwachung des Wasserstandes im Wasserschloss von Belle Place, so dass kein Vakuum im Syphon entsteht.

Zusammenfassend haben die Computerrechnungen das richtige Funktionieren der mit einfacheren Methoden dimensionierten Anlageteile bestätigt. Es konnte mit dem Computer die notwendige Stellzeit der einzelnen Organe bestimmt und die Berechtigung der vorgesehenen Schutzmassnahmen und Verriegelungen nachgewiesen werden, die für einen sicheren Betrieb nötig sind.

#### Adresse des Autors:

J. F. Calendray, Electricité de France, Région d'équipement hydraulique Alpes Nord, F-73001 Chambéry.