Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 77 (1986)

Heft: 24

Artikel: Kleinkraftwerke ab der Stange

Autor: Stürzinger, O.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904320

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

Kleinkraftwerke ab der Stange

O. Stürzinger

Obwohl Frankreich mit seinem KKW-Programm in den nächsten Jahrhunderten in bezug auf die Versorgung mit elektrischer Energie autark sein dürfte (seit Januar 1986 liefert der schnelle Brüter «Super-Phönix» 1,2 GW ans Netz!), werden «kleine Fische» nicht verschmäht. Im Sinne von «das Nötige mit dem Nützlichen verbinden» sind im letzten Jahr am Unterlauf des Var neun identische Mini-Wasserkraftwerke erstellt worden, die zusammen im Mittel pro Jahr 116 GWh ins EDF-Netz abgeben.

Malgré que la France sera autarcique en énergie électrique pour les siècles à venir (depuis janvier 1986 le super régénérateur Super-Phénix est couplé au reseau et y fourni 1,2 GW!), vu son programme nucléaire, elle ne dédaigne pas les petites occasions. Selon la devise «rallier l'utile au nécessaire» on a construit l'année dernière sur la partie inférieure du Var neuf minicentrales hydrauliques identiques, qui, en moyenne fournissent un total de 116 GWh par an à l'EDF.

Adresse des Autors
Oskar Stürzinger, dipl. Ing. ETH,
«L'Annonciade», MC-9800 Monte-Carlo

1. Situation

Aus den Seealpen kommend und im unteren Bereich zusätzlich gespeist durch die Tinnée, die Vesubie und den Esteron, mündet der Fluss Var westlich von Nizza ins Mittelmeer (Fig. 1). Der Fluss wies bisher keine Regulierstufen auf und hatte somit Wildbachcharakter. Während die Wasserführung zeitweise beträchtliche Spitzenwerte aufweist, liegt der Schwellenwert, der zu mehr als zur Hälfte der Zeit zur Verfügung steht, nur bei 42 m^3/s.

Die letzten 20 km vor der Mündung, d.h. nach dem Zufluss der Vesubie, verläuft der Var in einer leichten S-Schleife in einem 1–1,5 km breiten Bruchbecken[1], das südlich orientiert ist und weit ins Mittelmeer hinausreicht. Das Vorhandensein dieses Bekkens musste vor einigen Jahren bei der Erweiterung des Flughafens unangenehm festgestellt werden, als ein Grossteil der Aufschüttungen plötzlich wegrutschte.

Um Überschwemmungen zu vermeiden, ist der Flusslauf des Var vor Jahren auf einer Breite von etwa 300 m kanalisiert worden. Auf dem linken Damm ver-

[1] Das nördliche Mittelmeer ist unstabil, die Afrikaplatte schiebt sich unter den Europasockel, was öfter zu Erdbeben führt. Öffentliche Gebäude werden heute meist erdbebenfest gebaut, im Fürstentum Monaco sogar alle Neubauten.

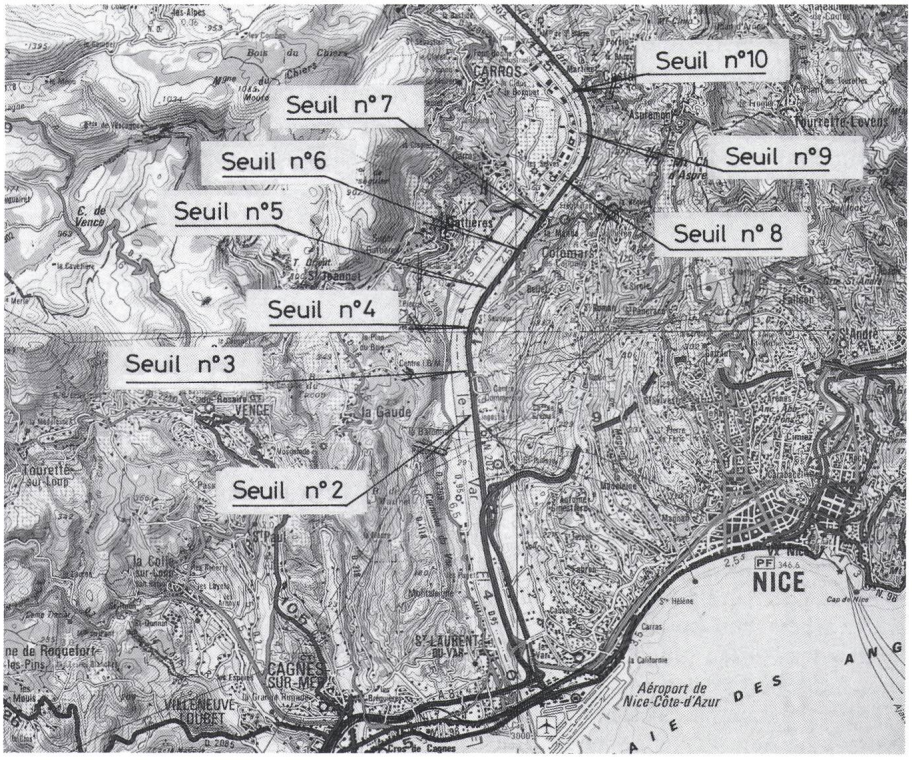

Fig. 1 Lage der einzelnen Kraftwerke am Unterlauf des Var

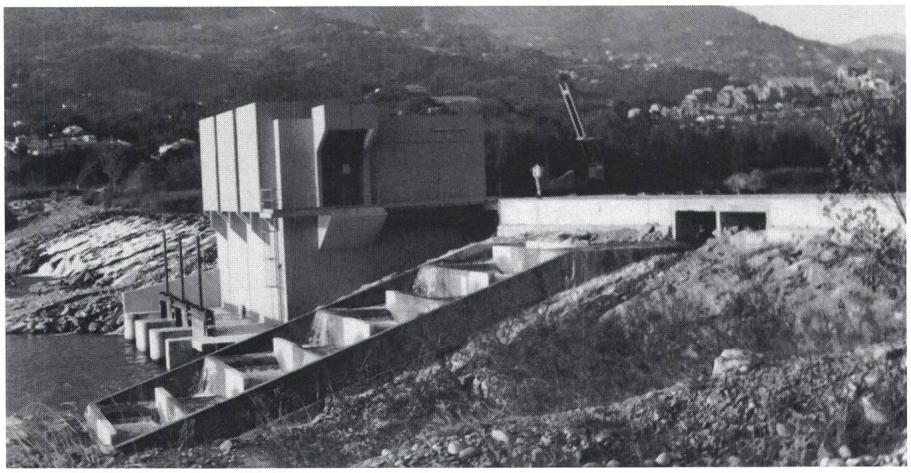

Fig. 2 Kraftwerk mit Fischtreppe

läuft das Trassée der «Chemins de fer de la Provence», die ums Überleben kämpfen und unabhängig von den SNCF im Sommer Panoramazüge Nizza-Grenoble-Genf anbieten.

Das Geschiebe des Var wurde bis 1940 spärlich ausgebeutet; nach dem Krieg setzte aber ein regelrechter Kiesabbau ein. Neben der Gefahr des Absinkens des Grundwasserspiegels drohte auch eine Uferversalzung, da das Delta rasch schrumpfte. 1968 wurde deshalb damit begonnen, den Strom durch Schwellen zu bremsen, um so das Grundwasser in den Griff zu bekommen. In der Folge wurden total 10 Staustufen errichtet, von denen 9 gleichzeitig mit Minikraftwerken ausgerüstet werden sollten (Fig. 2), die jeweils auf der Ostseite des Flusses liegen. Nach insgesamt 3 Jahren Bauzeit hat das letzte dieser Kraftwerke Ende 1985 seinen Betrieb aufgenommen. Zurzeit sind noch die Fischtreppen im Bau.

2. Konzeption der Minikraftwerke

Die Energie SA, die den gesamten Komplex projektierte, erstellte und betreibt, ist ein Privatunternehmen, das im Auftrag der für die Bewirtschaftung des Var zuständigen Behörde tätig ist und die erzeugte Energie an die Electricité de France (EDF) verkauft. Die Gesellschaft hat Erfahrung mit Minikraftwerken, die sie bereits an verschiedenen Orten überall in Frankreich aufgestellt hat.

Die Absatzmöglichkeiten und die hydrologischen Gegebenheiten führten am Var zur folgenden Disposition der Kraftwerke: Für alle neun Werke wird mit einer Ausbauwassermenge von 62 m^3/s gerechnet, ein Wert, der zwischen 1953 und 1977 während 40% erreicht wurde. Alle neun Stufen wurden mit je drei identischen Rohrturbinen ausgerüstet, von denen zwei Verstellpropeller aufweisen. Die durch die unterschiedlichen Fallhöhen (4–9 m) hervorgerufenen Drehzahlunterschiede werden durch Hypoidgetriebe kompensiert, die die senkrecht montierten Asynchrongeneratoren antreiben.

In Tabelle I sind die wichtigsten Kennzahlen zusammengefasst.

Die wichtigsten Daten der einzelnen Staustufen Tabelle I

Stufe Nr.	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Theor. Fallhöhe (m)	8,79	6,19	5,72	5,55	5,53	4,87	6,10	5,70	5,80
Verfügbare hydr. Leistung (kW)	3578	2244	2049	1973	1965	1695	2087	2062	2108
Jährliche Arbeit (GWh)	21,71	13,55	12,30	11,85	11,80	10,05	11,77	11,51	11,77

Die Zulaufschächte, die hinter einem um 45° geneigten Rechen rechteckigen Querschnitt aufweisen, sind in armiertem Beton ausgeführt, der in der Folge zunächst einen quadratischen und dann einen runden Kanal bildet (Fig. 3). Ein Schlitz im untern Drittel des Zulaufs kann Schieber aufnehmen, um bei Bedarf die Turbinen trokkenlegen zu können. Die Rechen werden halbautomatisch gereinigt; ausgelöst wird der Alarm durch ein Differentialmanometer, das den Pegel beidseits der Stäbe vergleicht. Das Geschwemmsel wird durch einen handgesteuerten Reiniger in einen hinter der Gitteroberkante verlaufenden Schwemmkanal gehoben.

2.1 Turbinen

Um Baukosten zu sparen, wurde die Turbinenachse um 15° geneigt. Ein geschweisster Stahlring ist mittels Zugstäben im oberen Betonblock fixiert; an diesen angeschlossen folgt ein zylindrischer Teil, der den rechtwinklig darauf montierten, im Raum um 15° gegen das Lot stehenden Asynchrongenerator trägt und in den Zulaufkonus mündet. Dieser ist nach unten abgestützt. Anschliessend folgt der zylindrische Turbinenmantel mit fixen Leitschaufeln, in welchem sich das vierflügelige Rad mit einem Durchmesser von 1850 mm dreht. Die Schau-

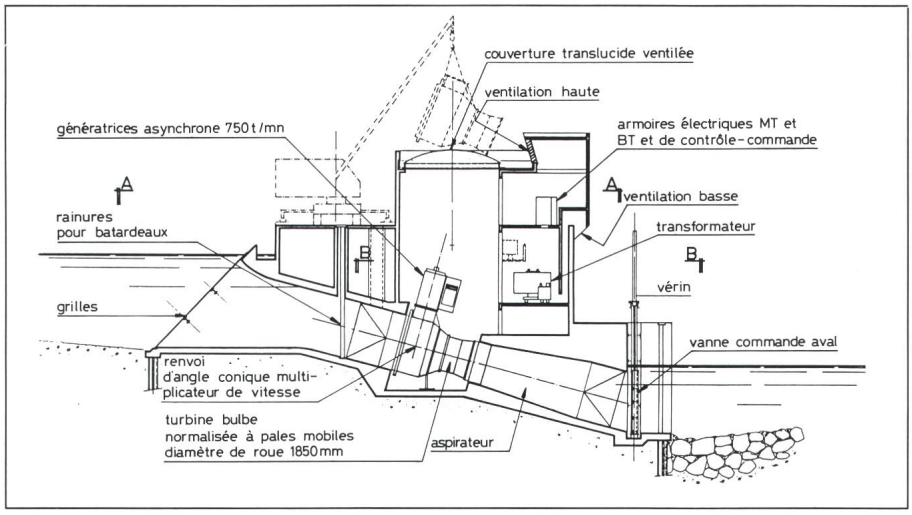

Fig. 3 Schnittzeichnung eines der standardisierten Kraftwerke

feln bestehen aus Alu-Bronze. Der Abschlusskonus mündet in das Betonsaugrohr. Der ganze metallische Block (Turbine und Generator) kann mittels Kran durch die Oberlichter ausgehoben werden, die mit Plexiglaskuppeln abgedeckt sind.

Die Nenndrehzahlen variieren je nach Fallhöhe zwischen 157 und 260 min^{-1}, die 2,8fache Durchbrenndrehzahl kann während 6 Stunden durchgestanden werden.

2.2 Generatoren

Diese sitzen auf einer Bride, die auf den zylindrischen Turbinenteil aufgeschweisst ist. Der in druckgeschmierten Rollenlagern laufende Käfiganker ist auf eine Nenndrehzahl von 750 min^{-1} ausgelegt und kann 2100 min^{-1} während 2 h durchstehen. Er liefert 5500 V unter 50 Hz an den für alle Aggregate gemeinsamen Ausgangstransformator, der sekundärseitig am 20-kV-Netz liegt.

2.3 Schaltzellen

Sowohl primärseitig (5,5 kV) als auch sekundärseitig (20 kV) des Transformators sind Schaltzellen vorhanden. Alle Schalter sind SF_6-isoliert.

2.4 Hilfsbetriebe

Ein 50-kVA-Trafo liefert ab EDF-Netz die nötige Energie für den Eigenbedarf der Anlage (Hydraulik zur Schiebersteuerung, Hydraulik für die Schaufelregulierung, Druckschmieranlage, Beleuchtung, Bilgenpumpen, Überwachung usw.). Mit 380 V~ wird ein unterbrechungsloses Kleinnetz (Akkumulator und Stromrichter) unterhalten, das die wichtigsten Regel- und Messorgane speist, um bei einem Netzzusammenbruch Schäden zu vermeiden.

2.5 Steuerung

Jede Zentrale ist autonom und steuert sich selbst. Eine Automatik übernimmt folgende Aufgaben:
- Messung und Verwaltung aller funktionswichtigen Parameter. (Bei Ausfall des EDF-Netzes legt sich jede Anlage automatisch still.)
- Programmgesteuerte In- und Ausserbetriebsetzung
- Regulierung bei Normalbetrieb
- Sammlung bzw. Verteilung und Aufbereitungs der Daten zwecks Telemetrierung bzw. Fernsteuerung

Die Hauptaufgabe besteht in der Aufrechterhaltung einer Nebenflusswassermenge von 3 m^3/s (Reduzierung der Leistungsabgabe, schrittweise Stillegung von Aggregaten). Die Steuerorgane sind so ausgelegt, dass die wichtigsten Funktionen manuell ausgelöst werden können und dass bei Ausfall der Automatik keine Gefährdung von Mensch und Material entsteht.

3. Fernsteuerung

In der untersten Zentrale (Stufe Nummer 2) befindet sich eine Fernsteueranlage, die durch je ein Paar 2drähtige Telefonleitungen, die im östlichen Damm verlegt sind, mit den andern 8 Werken verbunden ist. Diese Fernsteuerungszentrale ist im Prinzip gleich organisiert wie die andern, besitzt aber Dialogmöglichkeiten und ist mit einem Bildschirm und Drucker ausgerüstet.

Die wichtigsten Aufgaben sind:
- Verwaltung der Gesamtanlage
- Meldung von Sonderzuständen
- Protokollierung des Tagesablaufes (Abruf der Hauptdaten alle Stunden und täglicher Ausdruck)
- Stufenweise Zuschaltung der einzelnen Werke nach Netzwiedereinschaltung
- Einzelsteuerung; jede Zentrale kann von hier aus manuell ferngesteuert werden.
- Aufbereitung der Daten für Fernüberwachung

4. Fernüberwachung und Fernverwaltung

Alle von der Energie SA erstellten Kleinkraftwerke sind mit einem eigens entwickelten System ausgerüstet, das erlaubt, mittels Minitel[2] ab jeder beliebigen Telefonstation Zugriff zu den Hauptdaten zu bekommen, zudem sind Alarmmeldungen an vorgegebene Telefonanschlüsse möglich.

In Paris befindet sich ein Minitel, das zusammen mit einem entsprechend programmierten Kleincomputer folgende Aufgaben übernimmt:
- Abfrage der Steuerzentrale (Stufe Nr. 2) auf Wunsch oder automatisch (alle 24 h zur Nachtzeit) und Übernahme der dort protokollierten Tagesdaten (sowie allfälliger, durch das Wartungspersonal eingetippter Informationen)
- Abfrage irgendwelcher anderer Daten
- Archivierung und Führung der Energiebuchhaltung (Statistik, Soll-Ist-Vergleich usw.)
- Funktion als Datenbank für andere Minitel-Terminals

Die wichtigsten Lieferanten Tabelle II

Entwurf und Ausführung	Energie SA
Turbinen	Neyrpic (einbaufertig montiert und geprüft)
Generatoren	Jeumont-Schneider
Transformatoren	France Transformateurs
Schaltzellen	Merlin-Gerin
Automatik/Fernsteuerung	Merlin-Gerin/ Fourné-Grospaud

5. Allgemeines

Die Werke wurden jeweils hinter provisorisch aufgeschütteten Dämmen im Trockenen erstellt. Die Arbeiten haben 1983 begonnen, das oberste Werk (Stufe Nr. 10) wurde im Januar 1985 in Betrieb genommen, Werk 9 im Dezember desselben Jahres. Total sind vor Ort folgende Arbeitsstunden aufgewendet worden:

Tiefbau	280 000 h
Mechanik	80 000 h
Elektrik	10 000 h
Kleinarbeiten	20 000 h,

was einem Total von etwa 220 Mannjahren entspricht.

Die wichtigsten Lieferanten der Kraftwerke sind in Tabelle II zusammengestellt.

[2] «Minitel» ist der Name für ein Bildschirmtext-Terminal in Verbindung mit dem Telefon, das in Frankreich zu einem Schlager geworden ist. Das Telefon, das lange vernachlässigt worden war, zählt heute zu den modernsten Systemen. Der enorme Abonnentenzuwachs brachte die Fernmeldebehörden auf die Idee, statt der teuren Telefonbücher – die ja meist bei Erscheinen schon überholt sind – und zur Personaleinsparung beim Auskunftsdienst (die Bücherzeile ist etwa 3 m lang!) praktisch gratis kleine Terminals abzugeben. Dieses Vorgehen brachte gleich drei Vorteile:
- Der ewige Streit in Sachen «Heirat» TV und Telefon war vom Tisch.
- Die Abonnenten suchen sich selber ihre Nummer heraus.
- Die Synergiewirkung war enorm, Datenbanken aller Art sind heute Norm, ja Geldgeschäfte sind schon im tun, und der «Fritzli» treibt die Telefonrechnung in die Höhe mit Minitel-Spielen gegen elektronische oder menschliche Partner.