

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses |
| <b>Herausgeber:</b> | Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen  |
| <b>Band:</b>        | 77 (1986)   |
| <b>Heft:</b>        | 24  |
| <b>Artikel:</b>     | Kleinkraftwerke ab der Stange   |
| <b>Autor:</b>       | Stürzinger, O.  |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-904320">https://doi.org/10.5169/seals-904320</a>   |

### **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:** 26.01.2026

**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 réseau et y fourni 1,2 GW!), vu son programme nucléaire, elle ne dédaigne pas les petites occasions. Selon la devise «ralier 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  $42 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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<sup>1</sup>, das südlich orientiert ist und weit ins Mittelmeer hinausreicht. Das Vorhandensein dieses Beckens musste vor einigen Jahren bei der Erweiterung des Flughafens unangenehm festgestellt werden, als ein Grossteil der Aufschüttungen plötzlich wegtrutschte.

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-

<sup>1</sup> 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.

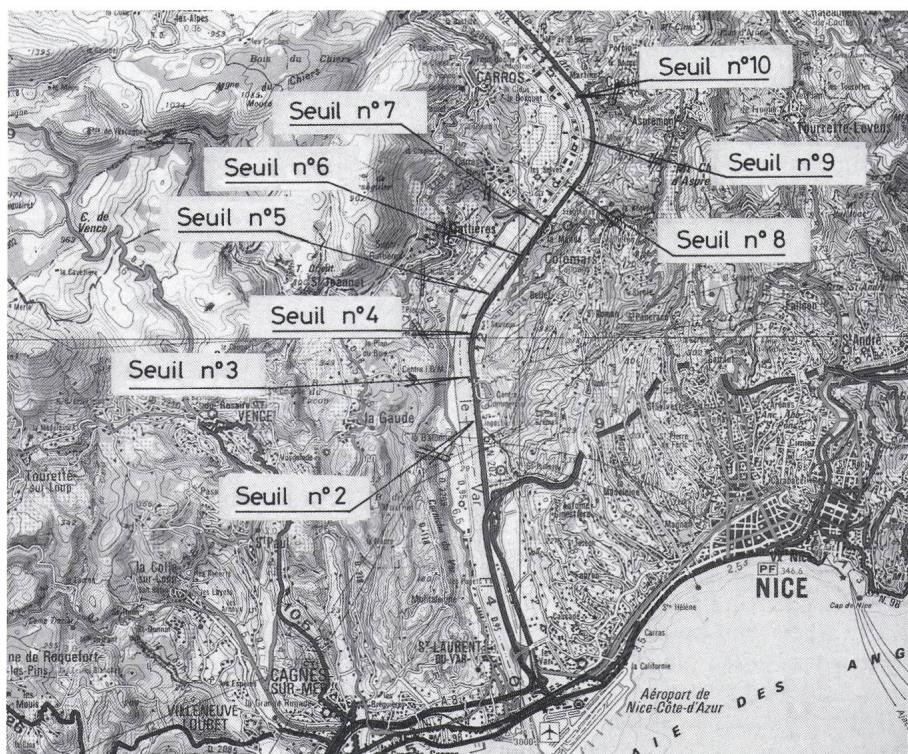


Fig. 1 Lage der einzelnen Kraftwerke am Unterlauf des Var

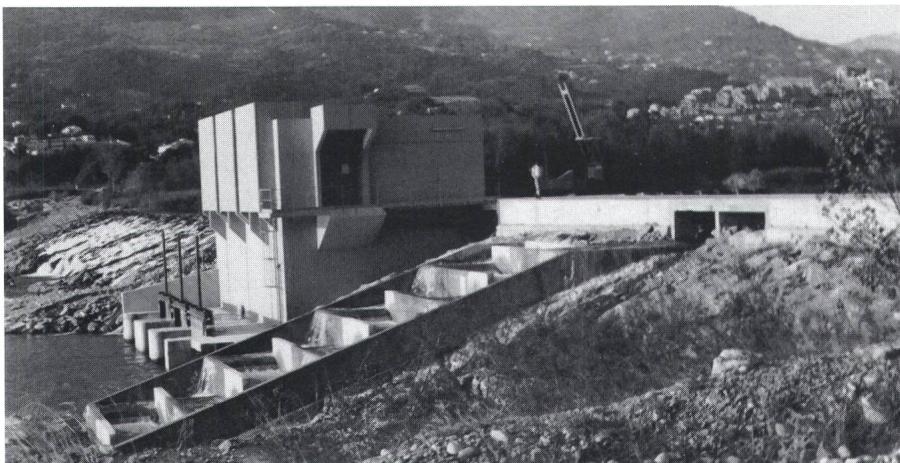


Fig. 2 Kraftwerk mit Fischtreppen

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

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 |

wird mit einer Ausbauwassermenge von  $62 \text{ m}^3/\text{s}$  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 Zulaufschächte, die hinter einem um  $45^\circ$  geneigten Rechen rech-

eckigen 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 unteren Drittel des Zulaufs kann Schieber aufnehmen, um bei Bedarf die Turbinen trockenlegen 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  $15^\circ$  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  $15^\circ$  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-

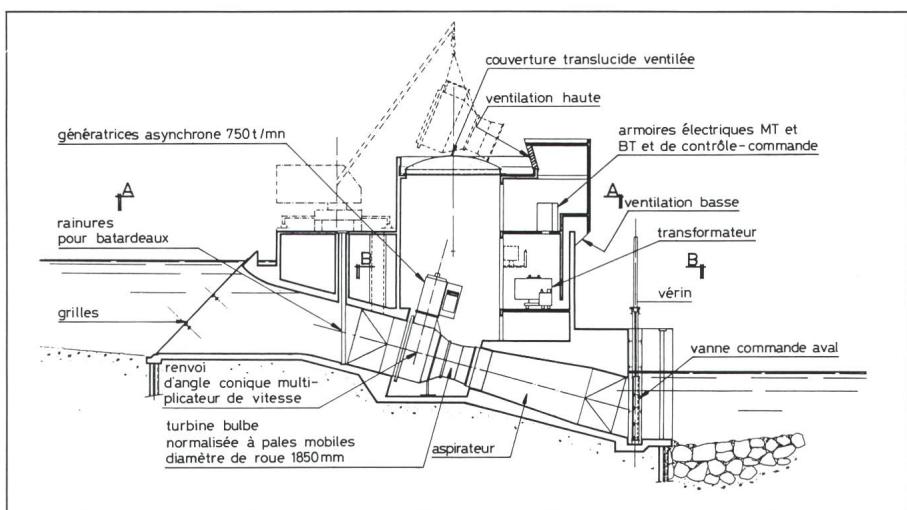


Fig. 3 Schnittzeichnung eines der standardisierten Kraftwerke

feln bestehen aus Alu-Bronze. Der Abschlusskonus mündet in das Beton-saugrohr. 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  $\text{min}^{-1}$ , die 2,8fache Durchbrenndrehzahl kann während 6 Stunden durchgestanden werden.

## 2.2 Generatoren

Diese sitzen auf einer Brücke, die auf den zylindrischen Turbinenteil aufgeschweißt ist. Der in druckgeschmier-ten Rollenlagern laufende Käfiganker ist auf eine Nenndrehzahl von 750  $\text{min}^{-1}$  ausgelegt und kann 2100  $\text{min}^{-1}$  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 Trans-formators sind Schaltzellen vorhan-den. Alle Schalter sind SF<sub>6</sub>-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 (Akku-mulator 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 Aufbereitung der Daten zwecks Telemetrierung bzw. Fernsteuerung

Die Hauptaufgabe besteht in der Aufrechterhaltung einer Nebenflusswasser-

menge von 3 m<sup>3</sup>/s (Reduzierung der Leistungsabgabe, schrittweise Stilllegung 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 Ma-terial 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, be-sitzt 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 Netzwiederein-schaltung
- Einzelsteuerung; jede Zentrale kann von hier aus manuell ferngesteuert werden.
- Aufbereitung der Daten für Fern-überwachung

## 4. Fernüberwachung und Fernverwaltung

Alle von der Energie SA erstellten Kleinkraftwerke sind mit einem eigens entwickelten System ausgerüstet, das erlaubt, mittels Minitel<sup>2</sup> ab jeder belie-

## Die wichtigsten Lieferanten

Tabelle II

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

bigen Telefonstation Zugriff zu den Hauptdaten zu bekommen, zudem sind Alarmmeldungen an vorgegebene Telefonanschlüsse möglich.

In Paris befindet sich ein Minitel, das zusammen mit einem entspre-chend programmierten Kleincompu-ter folgende Aufgaben übernimmt:

- Abfrage der Steuerzentrale (Stufe Nr. 2) auf Wunsch oder automatisch (alle 24 h zur Nachtzeit) und Über-nahme der dort protokollierten Ta-gesdaten (sowie allfälliger, durch das Wartungspersonal eingetippter Informationen)
- Abfrage irgendwelcher anderer Da-ten
- Archivierung und Führung der Energiebuchhaltung (Statistik, Soll-Ist-Vergleich usw.)
- Funktion als Datenbank für andere Minitel-Terminals

## 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 Mann-jahren entspricht.

Die wichtigsten Lieferanten der Kraftwerke sind in Tabelle II zusam-mengestellt.