

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	78 (1960)
<b>Heft:</b>	33
<b>Artikel:</b>	Aus der Projektierung für die Kraftwerkgruppe Hinterrhein: die maschinelle Ausrüstung der Zentrale Ferrera
<b>Autor:</b>	Jaray, Peter
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-64938">https://doi.org/10.5169/seals-64938</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:** 23.02.2026

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

## Aus der Projektierung für die Kraftwerkgruppe Hinterrhein

Motor-Columbus AG., Baden

### Die maschinelle Ausrüstung der Zentrale Ferrera

Von Peter Jaray, dipl. El.-Ing. ETH

Wenn man die Zentrale Ferrera gemäss dem ursprünglichen Projekt mit vier Pelton-Turbinen-Generator-Gruppen und zwei Speicherpumpen-Gruppen ausgerüstet hätte, so wäre hierüber kaum so viel Besonderes zu vermerken, dass sich eine Beschreibung der Anlage in einer technischen Fachzeitschrift rechtfertigen würde. Es wäre dann wohl eher ein Grund gewesen, die maschinellen Anlagen der beiden andern Zentralen der Hinterrhein-Kraftwerke, Bärenburg und Sils, näher zu erläutern. Die dort zur Aufstellung gelangenden Einheiten gehören nämlich mit ihren Leistungen von 80 000 bis 90 000 PS zu den grössten in schweizerischen Kraftwerken installierten Gruppen, wobei besonders zu beachten ist, dass als Antriebsmaschinen Francis-Turbinen verwendet werden (siehe Tabelle 1). Im Zusammenhang mit der Umgestaltung des Projektes der Zentrale Ferrera, in welcher nun drei Maschinengruppen, je bestehend aus Francis-Turbine, Motor-Generator und Speicherpumpe, zur Aufstellung kommen, ergaben sich aber doch eine Reihe von Besonderheiten bezüglich Disposition der Anlageteile und Konstruktion der Gruppen, sodass ein weiterer Kreis von Fachleuten an deren Publikation interessiert sein dürfte.

Im folgenden sollen zunächst die Gründe, die zur Umgestaltung des Projektes geführt haben, dargelegt werden; dann folgt eine Beschreibung der wichtigsten Anlageteile, und zum Schluss werden Hinweise gegeben auf die geplante Betriebsführung des Kraftwerkes.

#### 1. Das Projekt 1958

Bereits in der Beschreibung des Projektes 1956 (SBZ 1957, Nr. 5/6) war darauf hingewiesen worden, dass es vorteilhaft wäre, trotz des grossen Gefälles von 400 bis 520 m, an Stelle von Pelton-Turbinen Francis-Turbinen zu verwenden, wobei die Speicherpumpen mit Vorteil direkt mit den Turbinen-Generator-Gruppen gekuppelt würden. Von der Generatorseite her waren bei einer solchen Lösung, abgesehen von besonderen konstruktiven Massnahmen für die Rotoren, keine Schwierigkeiten zu erwarten.

Nachdem die Ueberarbeitung des Projektes der Freiluftschaltanlage Vereinfachungen ergeben hatte, die es ermöglichten, die Maschinengruppen mit den zugehörigen Transformatoren in Block zu schalten und deren Zahl von vier auf drei zu verringern, waren infolge Erhöhung des Wasserdurchflusses pro Einheit auch von der hydraulischen Seite her die Voraussetzungen für die Verwendung von Francis-Turbinen soweit verbessert, dass deren Verwirklichung ernsthaft in Erwägung gezogen werden konnte. Die mit den Hochdruck-Francis-Turbinen von Fionnay/Mauvoisin (maximales

Nettogefälle 455 m, Nenndurchfluss 11,5 m<sup>3</sup>/s) gemachten guten Erfahrungen hatten sich inzwischen auch in Safien/Zervreila (maximales Nettogefälle 430 m, Nenndurchfluss 11,5 m<sup>3</sup>/s) bestätigt.

Man war sich selbstverständlich bewusst, dass die Herstellung von solchen Turbinen ein reiches Mass an Erfahrung und eine sehr grosse Bearbeitungsgenauigkeit voraussetzt, dass demzufolge der Kreis der für die Lieferung der Turbinen Ferrera in Frage kommenden Firmen eng gezogen werden musste. Die allgemeine Entwicklung im Turbinenbau und die Klärung der Frage der Materialwahl für Hochdruck-Francis-Turbinen war aber soweit gediehen, dass die beiden Schweizerfirmen, die im Bau solcher Einheiten über die weit aus grössten Erfahrungen verfügen, Gewähr bieten konnten für die betriebssichere Konstruktion von Francis-Turbinen für das bis heute höchste Gefälle von 520 m.

Die technisch-wirtschaftliche Untersuchung, die auf diesen Grundlagen durchgeführt wurde, ergab im einzelnen folgendes:

1. Die Francis-Turbinen erlauben eine um etwa 1 % bessere Gefällsausnutzung. Der für diese Turbinen erforderliche hohe Gegendruck kann leicht durch entsprechendes Tieferlegen der Maschinenkaverne verwirklicht werden. Wenn hierbei der Grundsatz der natürlichen Entwässerung der Kaverne beibehalten werden soll, muss allerdings der Entlastungsstollen erheblich verlängert werden.

2. Im Leistungsbereich von 7/10 bis 10/10 Last ist der Wirkungsgrad der Francis-Turbinen im Mittel um 2 % besser und wird überdies im allgemeinen durch Abnutzung weniger stark beeinträchtigt als bei Pelton-Turbinen.

3. Die sich bei Konzentration der zu installierenden Leistung auf drei Einheiten ergebende Drehzahl von 750 U/min liefert für die Turbinen günstige spezifische Daten und gestattet merkliche Einsparungen an Anschaffungskosten bei Turbinen und Generatoren.

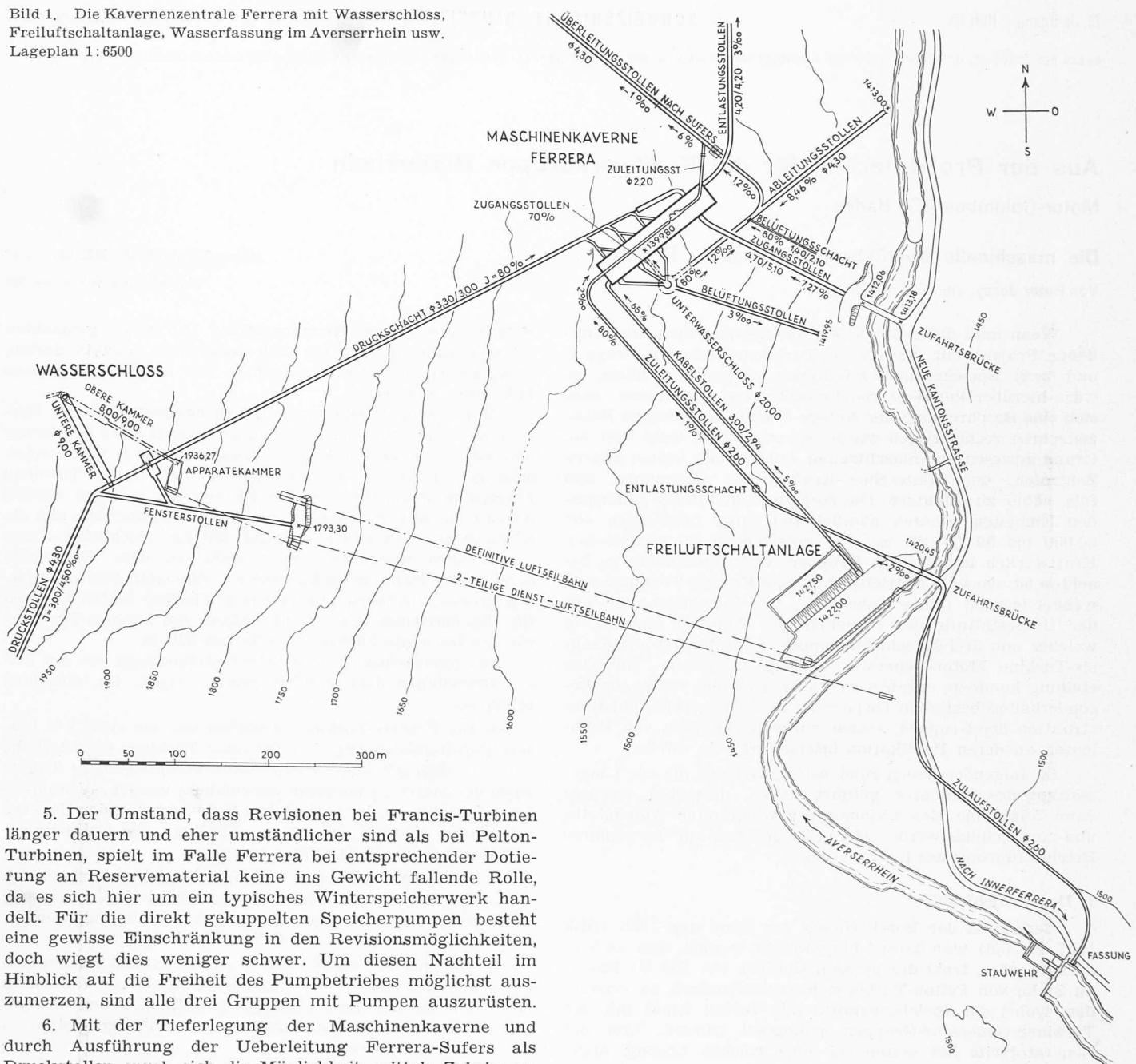
4. Die erwähnte Drehzahl von 750 U/min macht die direkte Kupplung der Speicherpumpen mit den Turbinen-Generator-Gruppen möglich. Der Wegfall besonderer Antriebsmotoren für die Pumpen ergibt eine weitere namhafte Einsparung an Anlagekosten. Die Pumpe, die vom grossen Schwungmoment des Generators Nutzen zieht, wird in gefülltem Zustand mit der Turbine hochgefahren. Auch wenn man in Rechnung setzt, dass der Wirkungsgrad des Generators im Motorbetrieb, d. h. bei Teillast, etwas schlechter ist und die in Luft mitrotierende Turbine im Pumpbetrieb Zusatzverluste erzeugt, bleibt die Lösung mit kombinierten Einheiten eindeutig vorteilhafter.

Tabelle 1. Nenndaten der Maschinengruppen

Zentrale	Anzahl Gruppen	Drehzahl U/min	Turbinen			Generatoren		Pumpen		
			Durchfluss m <sup>3</sup> /s	Gefälle m	Leistung kW	Leistung kVA	Spannung kV	Fördermenge m <sup>3</sup> /s	Förderhöhe m	Leistung kW
Ferrera	3	750	15,0	480	63 200	70 000	10,5	4,0	466	20 800
Bärenburg	4	500	20,6	320	57 600	64 000	10,5	—	—	—
Sils	4 *)	600	17,5	386	58 820	72 000	10,5	—	—	—

\*) Dazu zwei Einphasenstromgruppen mit Pelonturbinenantrieb und einer Nennleistung von je 4800 kW.

Bild 1. Die Kavernenzentrale Ferrera mit Wasserschloss, Freiluftschaltanlage, Wasserfassung im Averserrhein usw. Lageplan 1:6500



5. Der Umstand, dass Revisionen bei Francis-Turbinen länger dauern und eher umständlicher sind als bei Pelton-Turbinen, spielt im Falle Ferrera bei entsprechender Dotierung an Reservematerial keine ins Gewicht fallende Rolle, da es sich hier um ein typisches Winterspeicherwerk handelt. Für die direkt gekuppelten Speicherpumpen besteht eine gewisse Einschränkung in den Revisionsmöglichkeiten, doch wiegt dies weniger schwer. Um diesen Nachteil im Hinblick auf die Freiheit des Pumpbetriebes möglichst auszumerzen, sind alle drei Gruppen mit Pumpen auszurüsten.

6. Mit der Tieferlegung der Maschinenkaverne und durch Ausführung der Ueberleitung Ferrera-Sufers als Druckstollen ergab sich die Möglichkeit, mittels Zubringerpumpen Wasser aus dem Stausee Sufers in den Zulaufkollektor der Hauptpumpen zu fördern. Dies sichert der Zentrale Ferrera einen sehr elastischen Betrieb und schafft, vor allem im Hinblick auf einen später möglichen Pufferbetrieb mit thermischen Zentralen, eine interessante Ausgleichsmöglichkeit.

7. Die eben erwähnten Zubringergruppen können so ausgerüstet werden, dass die Pumpen bei Umkehrung der Drehrichtung auch als Turbinen laufen und damit für die Ueberleitung von Ueberschusswasser aus der Fassung bei Innenferrera am Averserrhein nach dem Stausee Sufers, unter gleichzeitiger Erzeugung von Energie, eingesetzt werden können.

Alles in allem ergab die Prüfung der technischen und wirtschaftlichen Probleme eindeutige Vorteile zugunsten der Lösung mit Francis-Turbinen. Bei praktisch gleichbleibenden Aufwendungen für den baulichen Teil sind namhafte Einsparungen an den maschinellen Einrichtungen möglich (etwa 2,5 Mio Fr., ohne Kapitalisierung der besseren Gefällsausnutzung und des besseren Wirkungsgrades).

Sehr eingehend war in diesem Zusammenhang auch die Frage studiert worden, ob die Maschinengruppen mit horizontaler oder vertikaler Achse ausgeführt werden sollen.

Bei den hier vorhandenen Möglichkeiten in bezug auf die Disposition der Kaverne ergab sich sowohl hinsichtlich der Kosten als auch in Bezug auf die betrieblichen Erfordernisse (gute Uebersichtlichkeit und Zugänglichkeit für Revisionen) ein deutlicher Vorsprung für die horizontalachsige Variante.

## 2. Die allgemeine Disposition

Die allgemeine Disposition der Zentrale Ferrera geht aus Bild 1 hervor. Im ersten Augenblick erscheint die Vielzahl der Stollen und deren Anordnung etwas verwirrend. Eine kurze Erläuterung dürfte daher am Platze sein.

Im Turbinenbetrieb fliessst das Wasser vom Staustau Valle di Lei her über einen Druckschacht und eine in Stollen einbetonierte Verteilleitung den drei Maschinen zu. Das verarbeitete Wasser strömt in ein gemeinsames Unterwasserschloss, das die Form eines Schachtes von 20 m Durchmesser hat. Ueber einen kurzen Schrägschacht kommt das Betriebswasser dann in den Ueberleitungsstollen nach Sufers. An diesen Stollen schliesst ein Ableitstollen nach dem Averser Rhein an, über den das Wasser bei Revisionen des Ueberleitungsstollens unter Umgehung der Stufe Sufers-Bärenburg nach Sils abgegeben werden kann.

Das Pumpwasser aus der Fassung bei Innerferrera wird durch einen Stollen in die Kaverne geleitet und den Pumpen

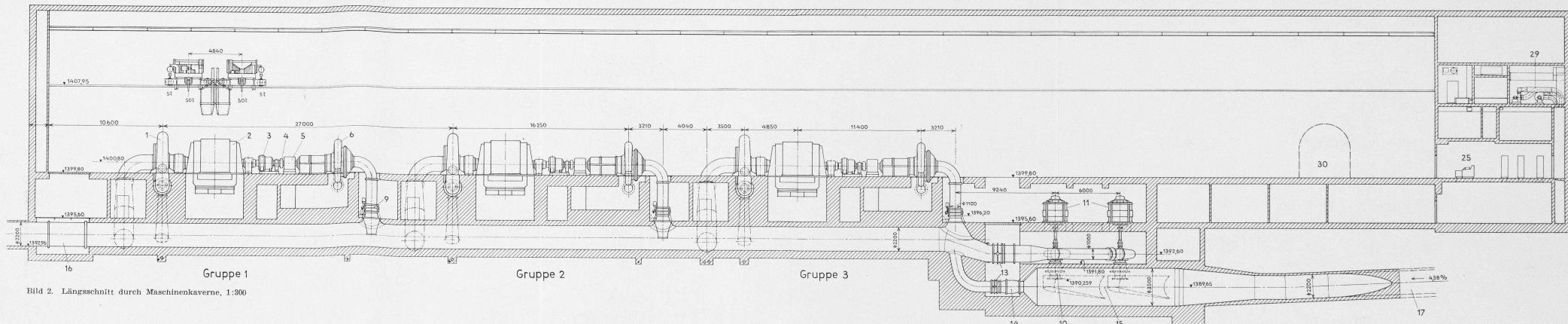


Bild 2. Längsschnitt durch Maschinenkaverne, 1:300

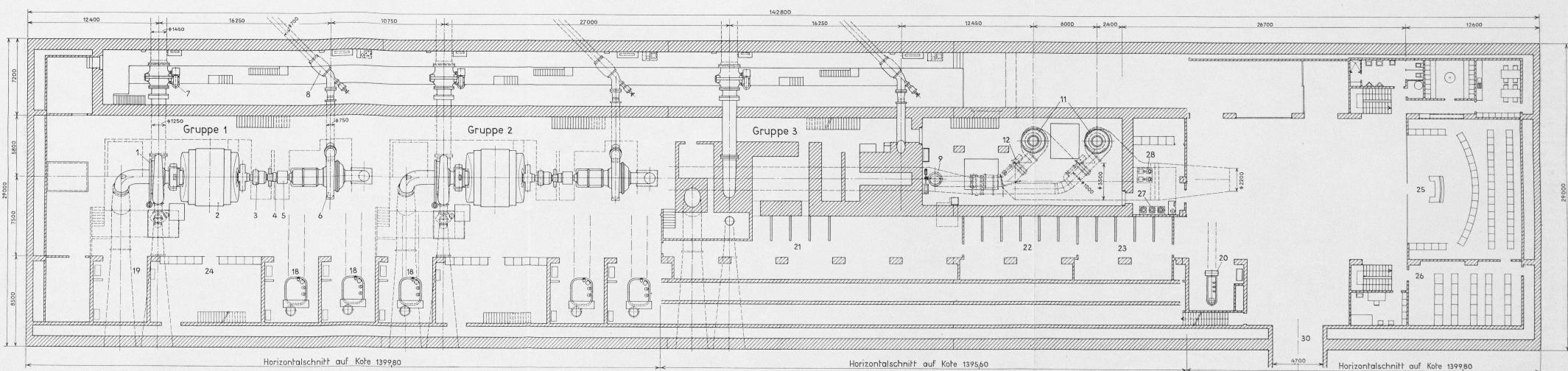


Bild 3. Horizontalschnitt durch Maschinenkaverne, 1:300

- |                    |                       |                                     |   |  |                                     |                                     |
|--------------------|-----------------------|-------------------------------------|---|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Turbine          | 6 Speicherpumpe       | 11 Motor zur Zubringerpumpe         | 16 Zuleitung von der Fassung Innerferrera         | 21 10,5-kV-Maschinenspannungs-Schaltanlage | 26 Eigenbedarfsverteilung           | 31 Rohrgang                         |
| 2 Motor-Generator  | 7 Kugelschieber       | 12 Drosselklappe zur Zubringerpumpe | 17 Zuleitung zum Ueberlastungsstellen nach Sufers | 22 Eigenbedarfsabschluss                   | 27 Entwasserungspumpen              | 32 Gang für Signal- und Steuerkabel |
| 3 Erregergruppe    | 8 Eckdruckschieber    | 13 Revisionsdrosselklappen          | 18 Haupt-Transformatorgruppe                      | 23 33-kV-Schaltanlage für Zubringerpumpen  | 28 Kühlwasserpumpen für Klimaanlage | 33 Gang für 220-kV-Leistungskabel   |
| 4 Lamellenbremse   | 9 Zulaufdrosselklappe | 14 Düsenschieber                    | 19 Raum für Reserve-Transformatorpol              | 24 Maschinen-Schalttafel                   | 29 Klimaanlage                      | 34 Oelaufanggrube                   |
| 5 Zahnräumkupplung | 10 Zubringerpumpe     | 15 Energierverminderer              | 20 Elektrobedarfstransformator                    | 25 Kommandostelle                          | 30 Zusammensetzung                  |                                     |

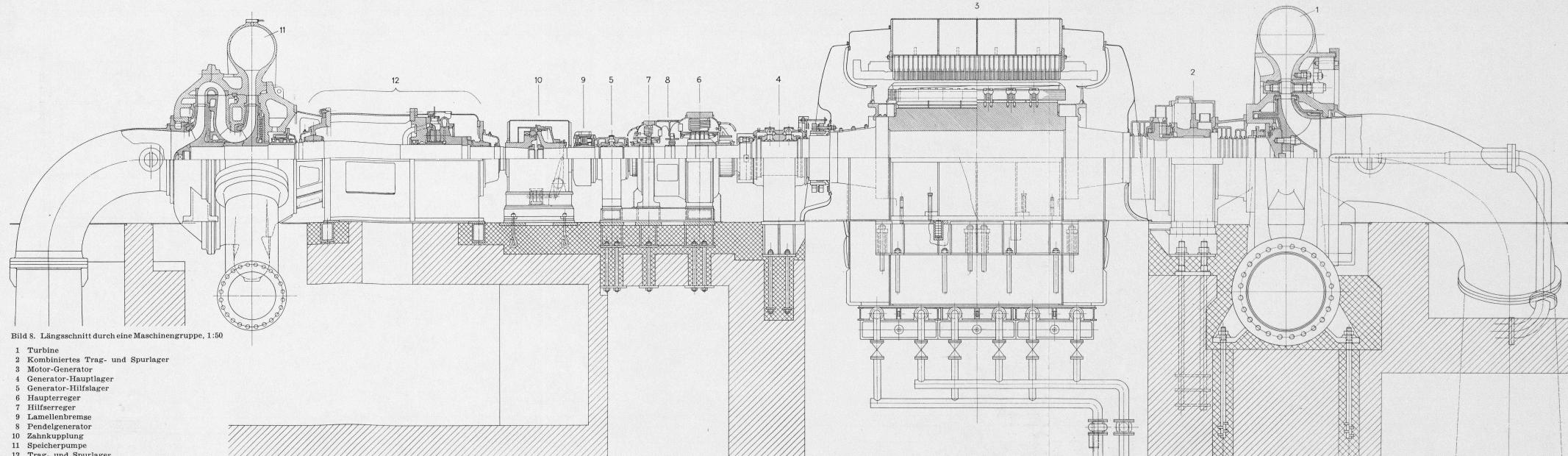


Bild 8. Längsschnitt durch eine Maschinengruppe, 1:50

- 1 Turbine
  - 2 Kombinierte Trag- und Spurlager
  - 3 Motor-Generator
  - 4 Generator-Hauptlager
  - 5 Generator-Hilfslager
  - 6 Hauptreger
  - 7 Hilfsreger
  - 8 Lamellenbremse
  - 9 Pendelgenerator
  - 10 Zahnrätekupplung
  - 11 Speicherpumpe
  - 12 Trag- und Spurlager

#### Legende zu den Bildern 2 bis 7

- 1 Turbine
  - 2 Motor-Generator
  - 3 Erregergruppe
  - 4 Lamellenbremse
  - 5 Zahnkupplung
  - 6 Speicherpumpe
  - 7 Kugelschieber
  - 8 Eckringsschieber
  - 9 Drosselklappe
  - 10 Zubringerpumpe
  - 11 Motor zur Zubringerpumpe
  - 12 Drosselklappe zur Zubringerpumpe
  - 13 Revisionsdrosselklappen
  - 14 Düsenschieber
  - 15 Energievernichter
  - 16 Zuleitung von der Fassung Innerferrera
  - 17 Zuleitung zum Überleitungsstollen nach Sufers
  - 18 Haupt-Transformatorgruppe
  - 19 Raum für Reserve-Transformatorpol
  - 20 Eigenbedarfstransformator
  - 21 10,5-kV-Maschinenspannungs-Schaltanlage
  - 22 Eigenbedarfsanschluss
  - 23 33-kV-Schaltanlage für Zubringerpumpen
  - 24 Maschinen-Schalttafel
  - 25 Kommandozelle
  - 26 Leistungsfäverteilung
  - 27 Entwasserungspumpen
  - 28 Kühlwasserpumpen für Klimaanlage
  - 29 Klimaanlage
  - 30 Zugangsstollen
  - 31 Rohrgang
  - 32 Gang für Signal- und Steuerkabel
  - 33 Gang für 220-kV-Leistungskabel
  - 34 Oelauffangrührte

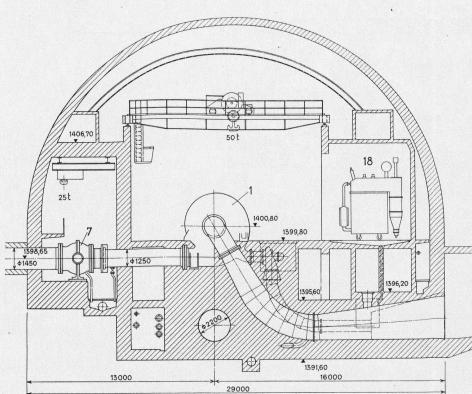


Bild 4. Querschnitt durch Turbine, 1:300

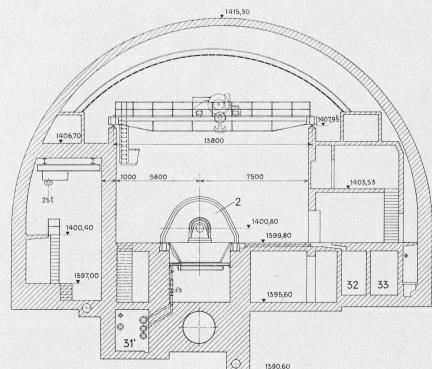


Bild 5. Querschnitt durch Generator, 1:300

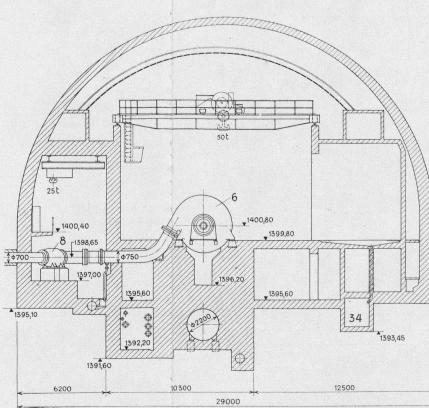


Bild 6. Querschnitt durch Speicherpumpe, 1:300

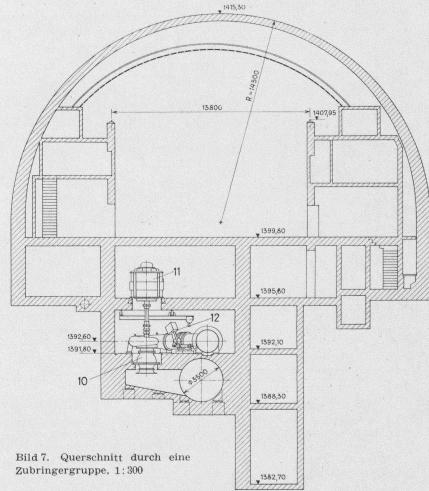


Bild 7. Querschnitt durch eine Zubringergruppe, 1:300

in einem in den Maschinenfundamenten einbetonierten Kollektor zugeführt. Am Ueberleitungsstollen nach Sufers ist ein kurzer Zuleitungsstollen für die Zubringerpumpen angeschlossen. Das aus dem Stausee Sufers gepumpte Wasser wird entweder im Ausgleichbecken der Fassung Innerferra gespeichert oder mit den Hauptpumpen direkt in den Stausee Valle di Lei gefördert. Bei Turbinenbetrieb der Zubringergruppen wird das nach Sufers abzuleitende Wasser in den vorerwähnten Zuleitungsstollen abgegeben.

Die Anordnung der maschinellen und der elektrischen Einrichtungen in der Kaverne ist aus den Bildern 2 bis 7 ersichtlich. Der Querschnitt der Kaverne ist halbkreisförmig und enthält auf der Bergseite in einer besonderen Kammer, die durch kräftige Wände von der übrigen Zentrale abgetrennt ist, die Turbinen- und die Pumpenabsperorgane. Auf der Talseite des Maschinensaales sind die Transformatoren je in Einzelzellen untergebracht. Darunter liegen die Zellen bzw. Gänge für die Maschinenspannungs-Schaltanlage sowie für die Steuer- und die Hochspannungskabel. Die Turbinenregler und die übrigen Hilfseinrichtungen zu den Maschinengruppen finden in Räumen unter denselben Platz. Der Kopfbau der Kaverne enthält außer der Kommandostelle mit Nebenräumen die Personalräume, die Werkstatt und eine umfangreiche Klimaanlage.

### 3. Die maschinelle Ausrüstung

Jede Hauptmaschinengruppe besteht, wie dies aus Bild 8 näher ersichtlich ist, aus Turbine, Motor-Generator und Speicherpumpe. Da es sich bei diesen Maschinen durchwegs um Ausführungen handelt, die in verschiedenen Punkten den bisherigen Rahmen sprengen, wurde in der allgemeinen Disposition der Anlage sowie in den Vorschriften für Konstruktion und Ausführung der einzelnen Objekte der Gesichtspunkt grösstmöglicher Sicherheit in den Vordergrund gestellt.

Die Turbine, deren wichtigste technische Daten in Tabelle 2 zu finden sind, erfordert von seiten des Lieferanten, vor allem wegen der ungewöhnlichen Betriebsbedingungen, äusserste Sorgfalt in der Herstellung des Laufrades und des Leitapparates. Die Spaltringe, die Leitapparat-Schutzplatten sowie die Leitschaufeln werden aus geschmiedetem Stahl hergestellt und an den der Abnutzung besonders ausgesetzten Stellen hart verchromt. Gestützt auf das Ergebnis einer genauen Ueberprüfung der Transportverhältnisse ist es möglich, die Spirale trotz der grossen Dimensionen einteilig auszuführen; sie wird aus Stahlguss mit Nickelzusatz hergestellt. Das aus Chrom-Nickel-Stahl bestehende Laufrad wird fliegend an die Generatorwelle angebaut. Diese Anordnung ergibt einerseits günstige Strömungsverhältnisse im Saugrohr und anderseits einen sehr kompakten Aufbau der Turbine, was im Hinblick auf vibrationsfreien Lauf er-

wünscht ist. Die Welle wird in einem kombinierten Trag- und Spurlager geführt. Das Spurlager ist für eine maximale Axialbelastung von 125 t bemessen. Eine im Spurring eingebaute Zentrifugalpumpe, welche die erforderliche Ölmenge umwälzt, sorgt für die ausreichende Schmierung der Lagerflächen. Mit dieser Pumpe ist die Lagerschmierung auch bei einem Ausfall der Hilfstromversorgung sichergestellt. Die Welle wird mit einer Kohleringstopfbüchse abgedichtet, welche durch gefiltertes Sperrwasser geschmiert wird. Die Kernbelüftung des Saugrohrs erfolgt über ein zentrales Rohr, das bis in den Bereich der Laufradhaube geführt ist.

Die Turbine ist mit einem Druckregler ausgerüstet, dessen Auslauf über eine Toskammer ins verlängerte Saugrohr mündet. Die Druckreglersteuerung, welche den Nebenauslass in direkter Abhängigkeit von der Turbinenöffnung betätigt, gewährleistet die verlangte volle Sicherheit gegen unzulässige Druckstöße. Der Regulierring ist aus Platzgründen saugrohrseitig angeordnet und braucht für den Ausbau der Turbinenteile nicht demontiert zu werden. Einlaufseitig erhält die Turbine einen mit Revisionsdichtung ausgerüsteten Kugelschieber als Absperrorgan. Auslaufseitig kann sie mit einer Dammbalkentafel abgeschlossen werden, die aus Sicherheitsgründen mit einer Ueberdruckklappe ausgerüstet ist. Der Turbinenregler ist in Schrankform ausgeführt und wird in einer Nische unterhalb der Turbine aufgestellt. Als Steuerwerk dient ein elektronischer Regler. Damit im Pumpbetrieb die Verluste und die Abnutzung der mitrotierenden Turbine möglichst klein ausfallen, sind die nötigen Einrichtungen vorhanden, um die Turbine mit Druckluft leerzublasen und die Spalträume mit filtriertem Wasser zu kühlen.

Bei den Generatoren handelt es sich um die bis heute leistungsfähigsten Maschinen mit einer Drehzahl von 750 U/min (Tabelle 2). Genaue Untersuchungen über die Transportverhältnisse ergaben die Möglichkeit, die Statorhälften bewickelt zu spedieren. Zum Ein- oder Ausfahren des Rotors wird der Stator mit Winden, die in seinen Füßen eingebaut sind, angehoben. Die Statorspulen sind im Nutenteil mit thermoelastischer Isolation versehen. Die Pole bestehen aus geschmiedetem SM-Stahl und werden direkt auf den entsprechend ausgebildeten Zentralkörper des Rotors aufgezogen. Der Generator ist, wie für solche Maschinen allgemein üblich, in geschlossenem Kreislauf gekühlt. Die Kühlerelemente sind, zwecks Verbesserung der Kühlwirkung, horizontal direkt unterhalb des Stators angeordnet. Dies erfordert besondere Einrichtungen für die Revision und Demontage dieser Elemente.

Die Hilfsmaschinengruppe, umfassend Haupterreger, Hilfserreger und Pendelgenerator mit permanenten Polen, erhält aus Montagegründen eine eigene Welle und wird zwischen das Hauptlager und ein besonderes Hilfslager des Generators eingebaut. Diese Lager sind mit Ringschmierung und mit Wasserkühlschlangen in den unteren Schalen ausgerüstet. Ausserhalb des Hilfslagers wird statt der üblichen Bremsturbine eine mit Druckluft betätigtes Lamellenbremse eingebaut, die gestattet, den rotierenden Teil der Gruppe, ausgehend von einer Drehzahl von 300 U/min, innert 3 Minuten stillzusetzen. Dabei dürfte es sich unseres Wissens um eine Neukonstruktion für Verwendungen dieser Art handeln.

Die Speicherpumpen zeigen einen etwas ungewöhnlichen Aufbau, indem die beiden Laufräder für den hohen Stuendruck von maximal je rd. 250 m nicht zwischen zwei Lagern, sondern fliegend angeordnet sind. Zwischen den beiden Traglagern befindet sich das Spurlager, das für einen Axialschub von 100 t dimensioniert ist. In Bezug auf die konstruktiven Belange und die Materialfragen gelten sinngemäss die gleichen Bemerkungen wie bei den Turbinen.

Das Ankuppeln der Pumpe an den Motor-Generator erfolgt mittels einer im Stillstand ein- und ausrückbaren, hydraulisch betätigten Zahnkupplung, die auch beim zufälligen Aufeinandertreffen der Zähne der beiden Kränze das Einkuppeln ohne Verdrehen des Pumpenrotors gestattet. Auf der Zulaufseite der Pumpe wird als Revisions- und Notabsperrorgan eine Drosselklappe angeordnet, die sich bei Rückströmung selbsttätig öffnet. Auf der Druckseite sind, im Hinblick auf gleiche Absperrsicherheit wie bei den Tur-

Tabelle 2. Hauptdaten der Maschinen der Zentrale Ferrera

Turbinen	Durchfluss (Maximalwert)	15,8 m <sup>3</sup> /s
	Gefälle	522 m
	Leistung	72 100 kW
	Minimal erforderl. Gegendruck	6,2 m
	Drehzahl	750 U/min
Generatoren	Leistung	70 000 kVA
	Spannung	10,5 kV
	cos φ	0,9
Speicher- pumpen	Fördermenge (Maximalwert)	5,2 m <sup>3</sup> /s
	Förderhöhe	499 m
	Leistungsaufnahme	24 000 kW
	Minimaler Zulaufdruck	33 m
Zubringer- pumpen	Fördermenge (Nennwert)	4,0 m <sup>3</sup> /s
	Förderhöhe	41,9 m
	Leistungsaufnahme (Nennw.)	1835 kW
	Drehzahl	594 U/min
als Turbine	Durchfluss (Maximalwert)	rd. 4,4 m <sup>3</sup> /s
	Leistung	rd. 1700 kW
Motoren zu Zu- bringerpumpen	Leistung	2200 kW
	Spannung	3,3 kV

binen, Ringschieber mit Doppelabschluss eingebaut. Der Betriebsabschlusskolben dieses Schiebers wird mit Drucköl geöffnet und mit ungesteuertem Druckwasser aus der Verteilung geschlossen. Der Reserveabschlusskolben wird im Oeffnungs- und Schliessinn mit Druckwasser betätigt.

Im Anschluss an die Beschreibung der Hauptmaschinen-Gruppen seien noch einige Bemerkungen über die *Zubringergruppen* gemacht. Bei der Pumpe handelt es sich um einen zweistufigen halbaxialen Typ; in der ersten Stufe erfolgt die Umlenkung axial, in der zweiten Stufe radial in eine Spirale. Diese Lösung ergab eindeutige Vorteile in Bezug auf den Platzbedarf. Als Antriebsmaschine dient ein Asynchronmotor, der sowohl im Pumpen- wie im Turbinenbetrieb direkt aufs Netz geschaltet wird. Im Turbinenbetrieb arbeitet der Motor als Asynchron-Generator. Jeder Pumpe ist als Abschlussorgan eine Drosselklappe zugeordnet, die mit Oeldruck öffnet und mit Gewichtsantrieb schliesst. Um bei Revisionen der Zubringergruppen soviel Wasser als möglich nach Sufers überleiten zu können, ist an den Pumpen-Kollektor ein Düenschieber für einen Durchlass von  $9 \text{ m}^3/\text{s}$  angebaut, der das Wasser in einen rohrförmigen Energievernichter abgibt. Die Dimensionen dieses Energievernichters und die Formgebung der Düse wurden durch die Lieferfirma, im Hinblick auf die Vermeidung von Kavitationerscheinungen und Vibrationen, eingehend an Modellen untersucht. Es sei noch erwähnt, dass die Zubringerpumpen für beide Betriebsarten an einem Modell bei der Lieferfirma abgenommen werden, da eine einwandfreie Ermittlung des Wasserdurchflusses an Ort und Stelle nur mit sehr grossem Aufwand möglich wäre.

#### 4. Die Betriebsführung

Es liegt auf der Hand, dass eine Anlage wie Ferrera mit ihren verschiedenartigen Maschinengruppen und Betriebsmöglichkeiten zur Vermeidung von Fehlmanövern einer weitgehenden Automatisierung bedarf. Die Steuerungen werden so ausgelegt, dass sich sämtliche Operationen aber auch einzeln ausführen lassen.

Vorläufig werden lediglich jene Steuervorgänge automatisch ablaufen, bei denen die Reihenfolge der Einzeloperationen technisch bedingt ist. Für alle übrigen Operationen werden die Steuereinrichtungen vorerst so ausgelegt, dass die Ergänzung durch eine Vollautomatik, sei es über eine Relaiskette oder über einen Programmschalter, ohne grossen Zeit- und Materialaufwand später erfolgen kann.

Die Notwendigkeit zur vollen Automatisierung wird sich dann ergeben, wenn die Anlage Ferrera von Sils aus ferngesteuert wird, im Zusammenhang mit dem bereits einmal erwähnten Pufferbetrieb mit Grundlast-Zentralen. Hierbei kommt es ja vor allem auf ein rasches Anfahren und Abstellen an bzw. auf einen möglichst schnellen Uebergang vom Turbinen- auf den Pumpbetrieb und umgekehrt.

Die vorliegende Beschreibung dürfte dartun, dass die Anlage Ferrera nicht nur für ihre Funktion als leistungsfähiges Spitzenkraftwerk innerhalb der Hinterrhein-Kraftwerke ausgelegt wurde, sondern auch auf die volle Ausnutzung ihrer betrieblichen Möglichkeiten hin im Rahmen einer künftigen schweizerischen Energieversorgung konziert ist.

## Ueber die Haftung von Zementspritzanwurf und gipshaltigen Verputzmörteln an verschiedenenartigen Betonoberflächen

Von Dr. P. Esenwein, EMPA Zürich, und Dr. G. Pièce, Gipsunion AG., Bex

DK 693.6

Anstoss zu der nachstehend beschriebenen Untersuchung gab die Beobachtung, dass in den letzten Jahren verhältnismässig häufig Bauschäden auftraten, bei denen sich der Verputz an Massivbetondecken infolge ungenügender Haftung ablöste. Auffallend war dabei, dass die Ablösung fast immer zwischen Betonuntersicht und Zementspritzanwurf erfolgt und zwar dann, wenn der betreffende Beton auf glatter, geölter Schalung hergestellt worden war. Solche Schäden werden gewöhnlich der Verwendung eines ungeeigneten oder im Ueberschuss aufgebrachten Schalungssöles oder auch einer mangelhaften Ausführung des Zementspritzanwurfs zugeschrieben, ohne dass indessen immer ein sicherer Nachweis für den einen oder anderen Fehler erbracht werden kann. Es lag deshalb nahe, einmal zu untersuchen, unter welchen Bedingungen solche Verputzablösungen am Beton überhaupt

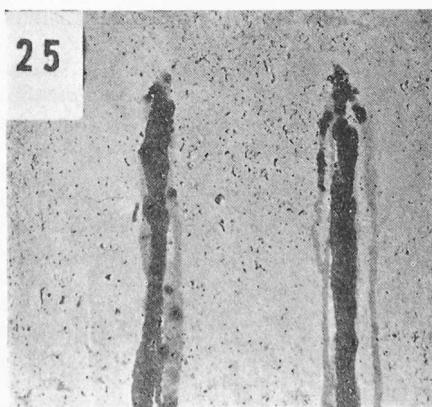
eintreten können und weiter auch zu prüfen, durch welche Massnahmen sich solche Schäden vermeiden lassen, d. h. mit welchen Mitteln eine sichere Haftung zwischen Beton und Verputz erreicht werden kann<sup>1)</sup>.

1) Nach Abschluss unserer Untersuchungen erhielten wir Kenntnis von ähnlichen Versuchen, welche Prof. Dr. W. Albrecht im Otto-Graf-Institut in Stuttgart durchgeführt und im Juni-Heft 1958 der neuen Zeitschrift «Das Stuckgewerbe» unter dem Titel «Ueber Putzhaftung an Betondecken» veröffentlicht hat. Die Tatsache, dass das Problem der Putzhaftung an Betondecken von verschiedenen Fachleuten gleichzeitig unabhängig voneinander studiert wird, zeigt wohl zur Genüge, wie aktuell es ist. Mit Bestimmtheit ist auch zu erwarten und zu wünschen, dass sich noch verschiedene weitere Spezialisten zu dieser Frage äussern werden.

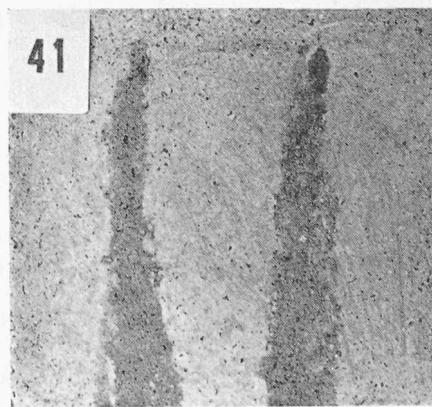
### Prüfung der Benetzbarkeit der mit verschiedener Schalung hergestellten und getrockneten Beton-Versuchsplatten



Nr. 9: Schalung ungehobeltes Holz, geölt. Gut benetzbar mit dest. Wasser



Nr. 25: Schalung Eisenplatten, geölt. Gut mit Wasser benetzbar



Nr. 41: Schalung Pavatexplatten, mit Paste behandelt. Gut mit Wasser benetzbar