

# Verborgene Reiche der Technik : die unterirdischen Anlagen der Wasserkraftwerke in der Schweiz

Autor(en): **Ragetti, Jürg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Werk, Bauen + Wohnen**

Band (Jahr): **91 (2004)**

Heft 4: **unter Grund = sous terre = under ground**

PDF erstellt am: **16.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-67737>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Verborgene Reiche der Technik

## Die unterirdischen Anlagen der Wasserkraftwerke in der Schweiz

Jürg Ragetti Weit verzweigte unterirdische Netze verbinden Täler und durchstossen Berge mit dem Ziel, die Wasserkraft möglichst optimal zu nutzen. Ausdrucksstarke Räume entstehen dabei, obwohl oder gerade weil die architektonische Gestaltung oft kaum eine Rolle spielt.

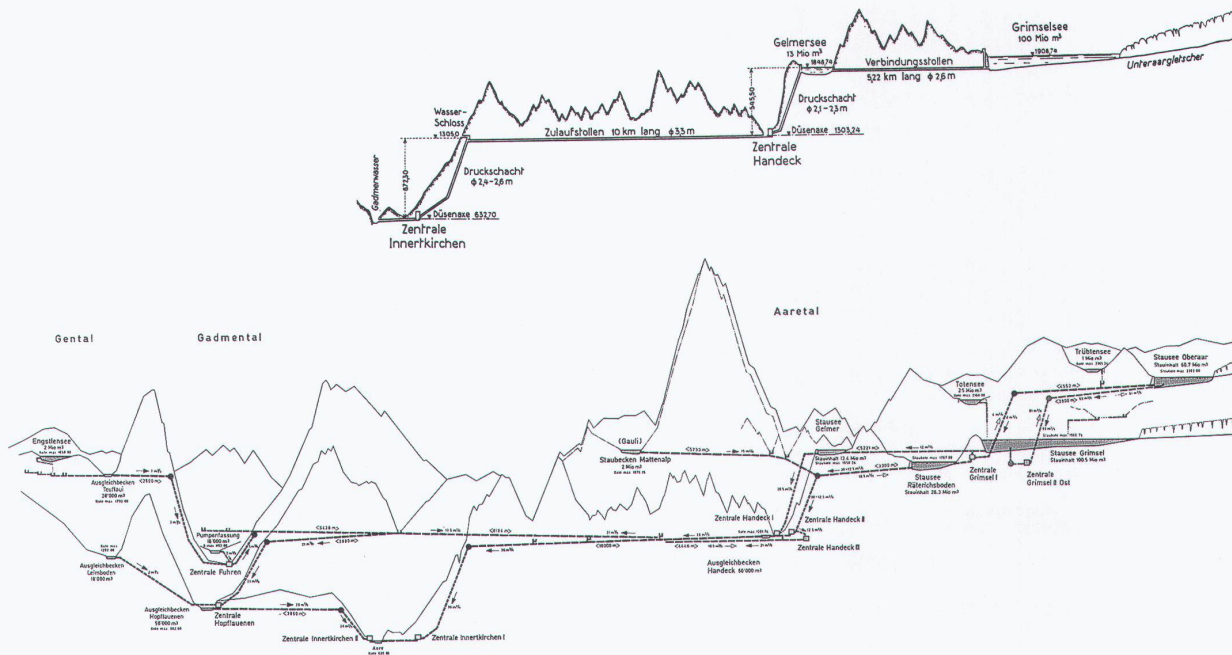
Der Wasserkraftwerkbau in der Schweiz bildet aus heutiger Sicht eine abgeschlossene Ära, die ungefähr 100 Jahre von 1880–1980 dauerte. Die Entwicklungsgeschichte reicht von den ersten kleinen, lokalen Lichtwerken für Hotels, öffentliche Plätze und Gemeinden bis zu den Grossanlagen nach dem 2. Weltkrieg. Schon bei den ersten grossen Kraftwerkprojekten zu Beginn des 20. Jahrhunderts entschied die Wirtschaftlichkeit über die Realisierbarkeit einer Anlage. Voraussetzung dafür war die planmässige und systematische Ausnützung der Wasserkräfte eines Tales, meist in mehreren Gefällsstufen hintereinander. Der Bau langer Stollenbauten war damals noch sehr aufwändig. Die Stahlrohre der Druckleitungen führten daher meist oberirdisch zum Maschinenhaus hinunter. Stete Fortschritte auf den Gebieten der Bau- und Maschinenteknik ermöglichten später eine Entwicklung hin zu regional übergreifenden Grossanlagen. Nach dem Zweiten Weltkrieg kam es im Zuge des wirtschaftlichen Aufschwungs zu einem grossen Weiterausbau der Schweizer Wasserkräfte. Was damals propagiert worden ist, kam in der Folge zwar nicht vollständig, aber doch sehr weitgehend zustande: die vollständige und bestmögliche Ausnützung aller verfügbaren Wasserkräfte. Die Kraftwerke dieser Zeit sind Anlagenetze, die die Flüsse und Bäche mehrerer Täler und Regionen miteinbeziehen. Sie erstrecken sich unterirdisch über grosse Gebiete, wobei Berge mit ki-

lometerlangen Druckleitungen durchstossen werden. Auch entlegene Flüsse und Bäche werden miteinbezogen, indem sie über kleinere Wasserfassungen eingeleitet werden. Grosse Stauseen bilden dabei Ganzjahrespeicher, um wertvolle Winterenergie produzieren zu können. Der Vergleich der Längenprofile der Anlagen der Kraftwerke Oberhasli im Jahre 1942 nach dem Bau der ersten Kavernenzentrale Innertkirchen und im Jahre 1982 verdeutlicht die Entwicklung von der einfachen Anlage mit zwei hintereinander «geschalteten» Kraftwerksstufen zum vielverzweigten, komplexen Netz mit Kraftwerken und Pumpspeichieranlagen.

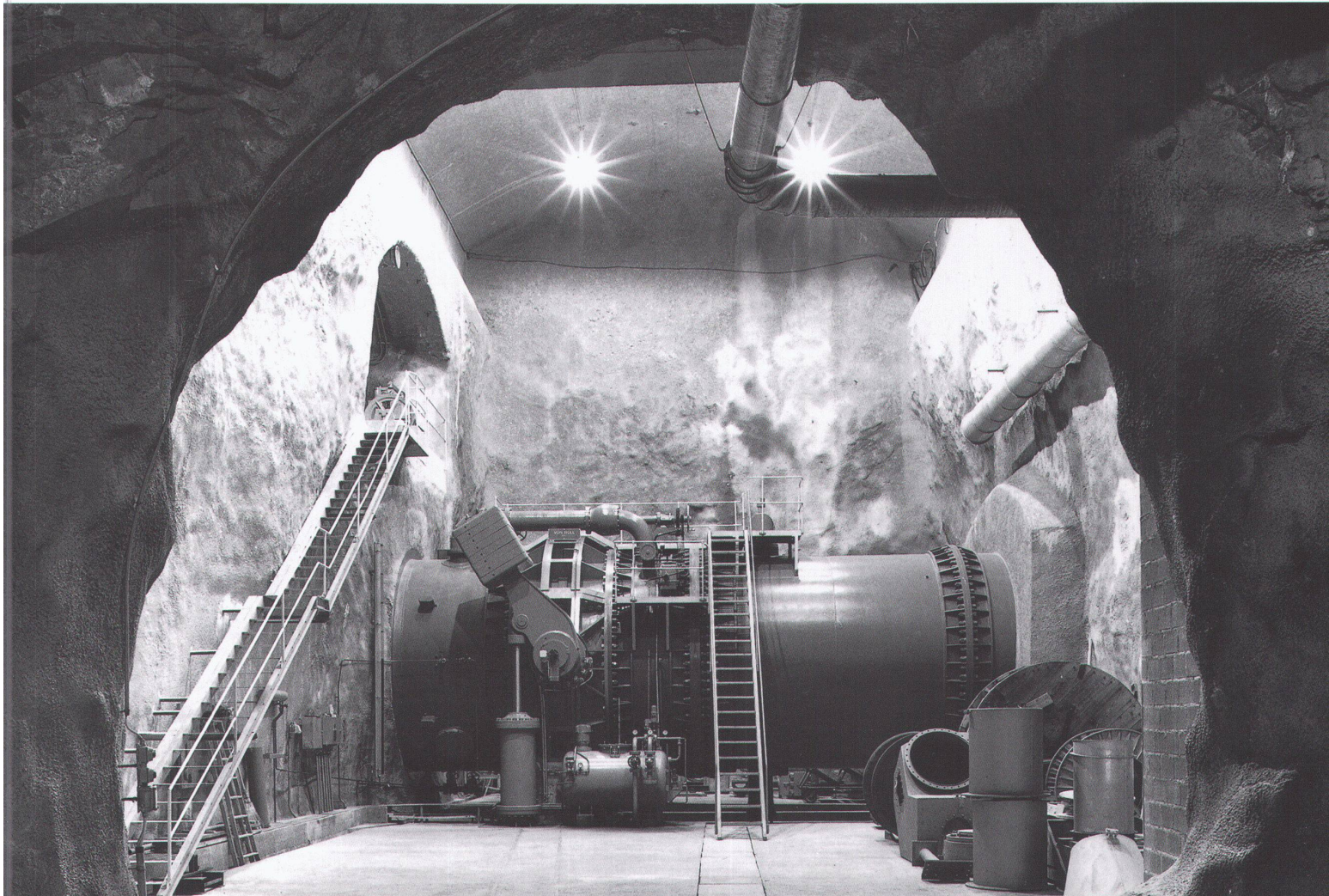
Solche Hochdruck-Wasserkraftwerke sind ausge dehnte technische Anlagensysteme in der alpinen Berglandschaft. In immer grösserem Ausmass wurden dabei all diese Anlageteile und Bauwerke unter den Erdboden und ins Berginnere verlegt. Dadurch entstanden gewaltige unterirdische Systeme aus Stollen, Schächten und Kavernen. Vergleichbar einem Höhlensystem mit unterirdischen Wasseradern, Bächen und Flussläufen, Grotten und Wasserbecken tief im Berginnern, bilden diese Kraftwerke ein unterirdisches Reich der Technik mit felsigen Räumen, betonierten Gewölben und Stollen, mächtigen Maschinen und Apparaten und grossen stählernen Röhren und Leitungen. Der Berg und der Fels, das Wasser und die Kraftwerktechnik sind in diesen Räumen immer präsen te Elemente. Die ungeheuren Kräfte des Wassers finden

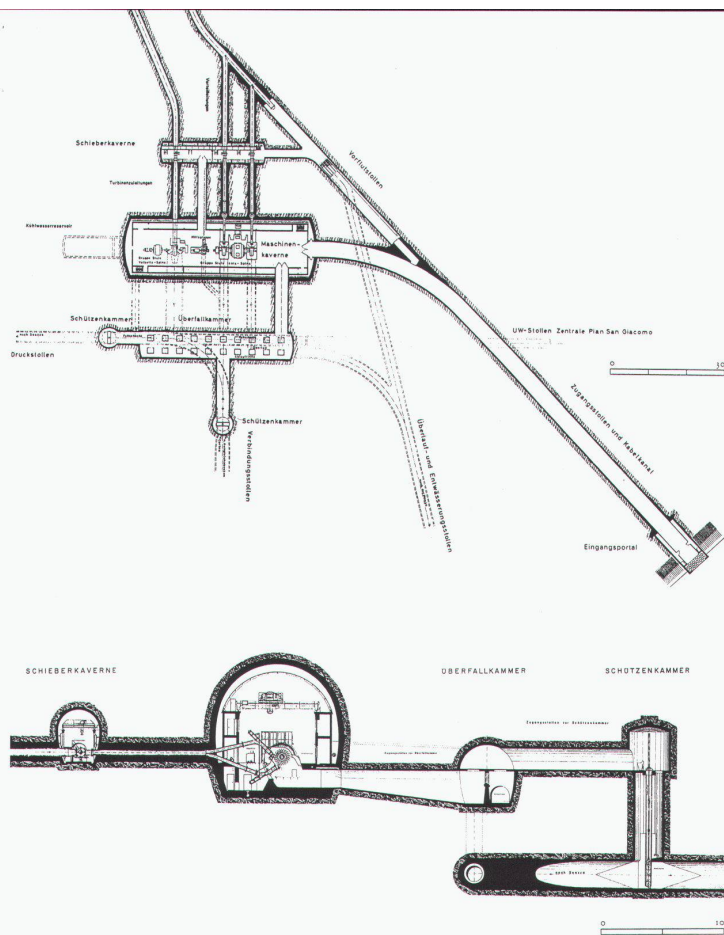
oben: Übersicht-Längenprofil der Kraftwerke Oberhasli 1942 (aus: A. Kaech/  
H. Juillard, Das Kraftwerk Innertkirchen, die zweite Stufe der Oberhasliwerke,  
in: SBZ 1942 Nr. 3, S. 25)

unten: Übersicht-Längenprofil der Kraftwerke Oberhasli 1982 (aus: Der Ausbau  
der Kraftwerke Oberhasli AG 1970-1982, o. O., 1983, S. 19)



Drosselklappenkammer beim Wasserschloss Sils. – Bild: Christian Kerez





Übersichtsplan und Querschnitt der Zentrale Spina. – Bild aus: Conradin Clavuot, Jürg Ragetti, Die Kraftwerkbauten im Kanton Graubünden, Chur

<sup>1</sup> Erwin Poeschel, Aus Graubünden, in: Das Werk, sechstes Heft/Juni 1925, S. 180.

<sup>2</sup> Kraftwerke Oberhasli AG (Hrsg.), Grimsel. Die Wasserkräfte des Oberhasli und ihre Nutzbarmachung, Laupen, 1953, S. 28.

<sup>3</sup> A. Kaech/H. Juillard, Das Kraftwerk Innertkirchen, die zweite Stufe der Oberhasliwerke, in: SBZ 1942 Nr. 3, S. 26.

ihren Ausdruck vor allem in den sehr grossen, zum Teil fast unfassbaren Dimensionen der Bauwerke, der Maschinen sowie der Druckstollen und Druckleitungen.

#### Transformation der Landschaft

Mit den Kraftwerken wurde der Abfluss der Gewässer neu geregelt. Die Alpenlandschaft erfuhr dadurch eine weitreichende Transformation. Wo früher tosende Bäche über die Landschaft hinunterstürzten, sich Flüsse und Bäche langsam in tiefe Schluchten eingruben, findet man heute meist stille Rinnsale; zum einen, weil die Niederschläge in künstlichen Seebecken zurückgehalten werden, zum anderen, weil deren Abfluss nicht mehr in den natürlichen Fluss- und Bachbetten erfolgt, sondern unterirdisch, in kilometerlangen Stollensystemen. Nicht mehr der Rhythmus von Jahreszeiten und Niederschlägen bestimmt den Abfluss, sondern der Strombedarf von Gesellschaft und Wirtschaft. Im Zusammenhang mit dem Bau des Kraftwerks Küblis (1922) beschrieb der Kunsthistoriker Erwin Poeschel das akustische Erlebnis der Flüsse und Bäche als wichtigen Teil der sinnlichen Wahrneh-

mung der Landschaft. Immer begleite den «Bündenfahrer» «als dunkle Unterstimme zu den wie Koloraturen steigenden Brückenbogen und Spiralstrassen der Technik der Orgelton der Natur: das Wasser. Es ist ein immer gegenwärtiges Rauschen, anschwellend und abebbend, aber nie verstummend.»<sup>1</sup> So wie zwischen den Felsen und Steinen der alpinen Flüsse und Wildbäche nur noch eine spärliche Wassermenge zurück bleibt, ist heute auch das einstige Rauschen und Tosen meist verschwunden.

#### Gründe und Vorteile der unterirdischen Bauweise

Die unterirdische Anordnung der ganzen Anlagensysteme und insbesondere der Maschinenzentralen ermöglichte die Optimierung eines Kraftwerkkonzepts nach wirtschaftlichen, funktionellen und betrieblichen Bedingungen. Da keine Einschränkungen in der Standortwahl der Zentralen nach Lage und Höhe bestehen, ist der Einbezug und die Verbindung verschiedener Wassereinzugsgebiete möglich, die sonst nur unvollständig genutzt werden könnten. Die unterirdische Bauweise war so Voraussetzung für die komplexen Kraftwerk- und Pumpspeichieranlagen. Da die Druckstollen über viele Kilometer führen, verschiedene Tal-schaften verbinden und Durchmesser bis sechs Meter erreichen, können sie eigentlich nur unterirdisch angelegt werden. Die unterirdische Bauweise löste auch die Probleme, einen geeigneten Standort für die Bauwerke mit enormen Dimensionen zu finden, denn die Maschinenhallen erreichen teilweise Ausmasse von weit über hundert Metern.

Die unterirdischen Lösungen waren auch eine bauliche Antwort auf die zunehmenden landschafts- und naturschützerischen Widerstände sowie die Vorschriften und Auflagen der Behörden. Bei den ersten Kavernenzentralen, die während und kurz nach dem Zweiten Weltkrieg gebaut wurden, stellte man noch sicherheitstechnische Gründe in den Vordergrund. Bei der Zentrale Innertkirchen der Kraftwerke Oberhasli, der ersten vollständig unterirdischen Kavernenzentrale in der Schweiz von 1940–42, wurde zum Beispiel zunächst erklärt, man habe sich «angesichts des drohenden Krieges entschlossen, die ganze Krafterzeugungsanlage vollständig in den Berg hinein zu verlegen, um vor allfälligen Fliegerangriffen geschützt zu

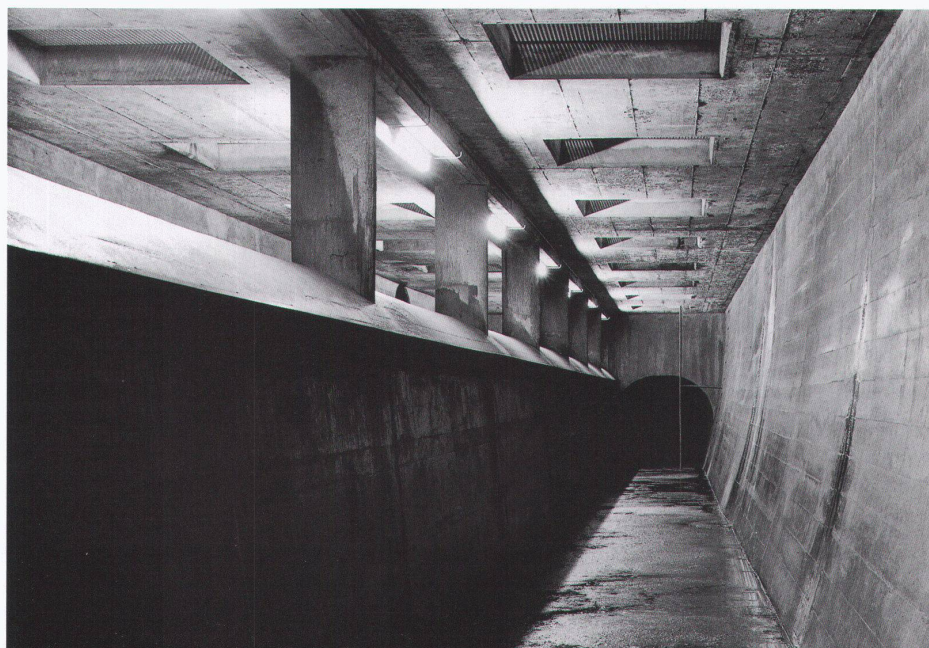
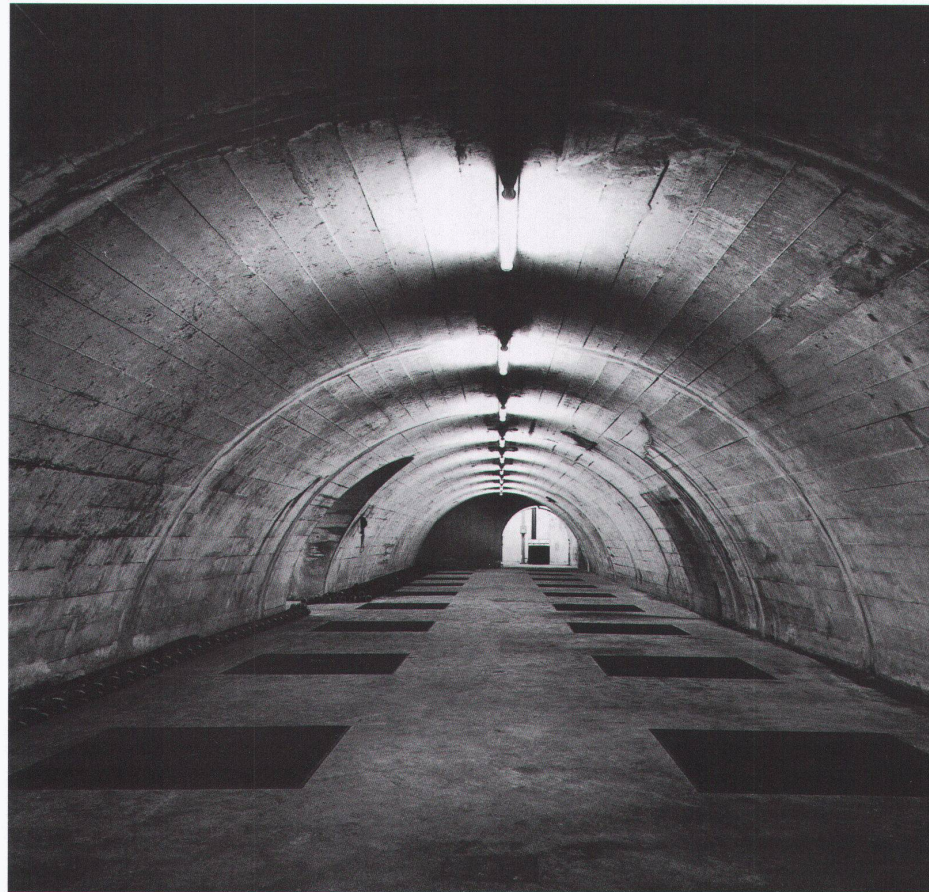
sein.»<sup>3</sup> Später wurde jedoch relativiert, dass sicherheitstechnische Aspekte nicht unbedingt den Ausschlag gegeben hätten: «Diese Disposition wurde nicht allein wegen des drohenden Krieges mit Rücksicht auf Sicherheit gegen Luftangriffe, sondern schon lange vorher wegen ihrer übrigen Vorteile gewählt: Verteilungen im Fels eingebettet, der sich an der Druckaufnahme beteiligt, daher Materialersparnis und Sicherheitsgewinn, ferner Schutz gegen Steinschlag, Erhaltung eines unberührten Landschaftsbildes.»<sup>3</sup>

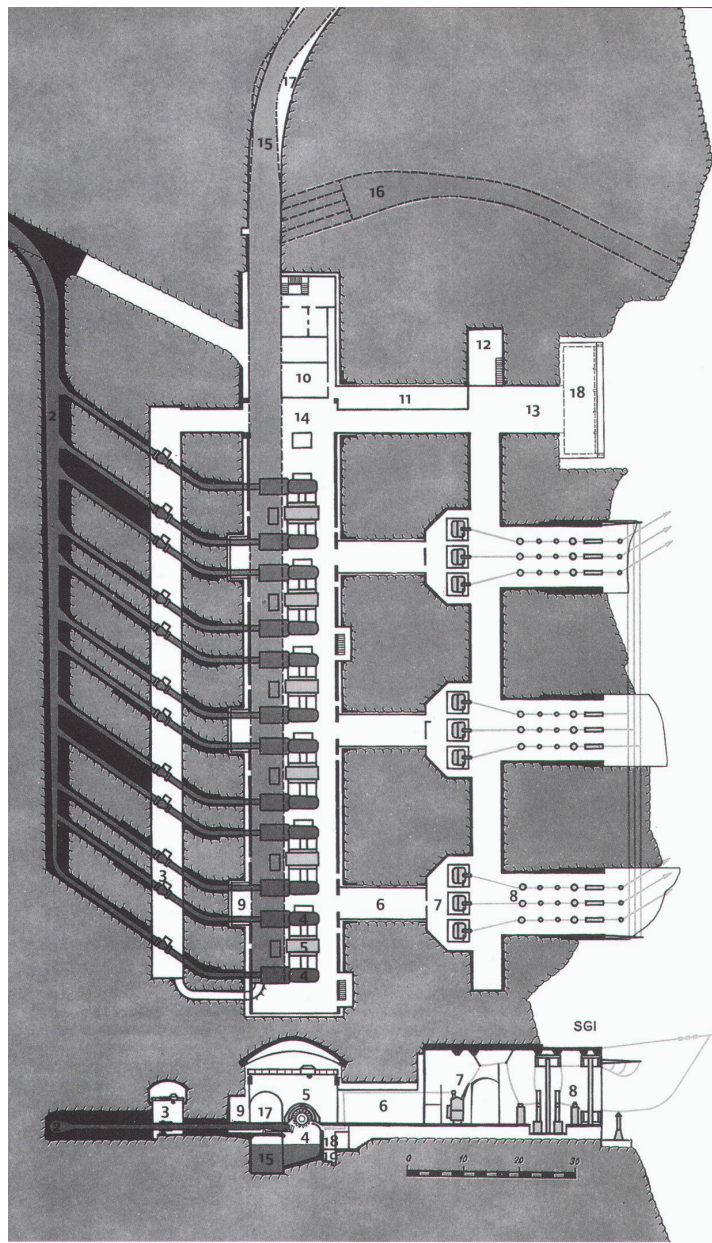
#### Typologie und Bauform

Funktionelle und räumliche Konzeptionen der Kavernenzentralen sind unmittelbarer Ausdruck und Konsequenz der unterirdischen Bauweise. Unterirdische Bauwerke bestehen nur aus Innenräumen, sind Bauformen ohne äussere Kontur. Die Konzeption solcher Anlagen kann frei von äusseren Zwängen und Bedingungen entwickelt werden. Funktional, bautechnisch und räumlich kann man zwei grundsätzlich verschiedene Typen unterscheiden: einerseits Anlagen, die aus mehreren Kavernen bestehen, wobei die verschiedenen Anlageteile in einzelnen separaten Kavernenräumen untergebracht sind; andererseits Anlagen mit einer Grossform, einer einzigen grossen Kaverne, in die alle Anlageteile als sekundärer Innenausbau integriert sind.

Die aufgegliederte Bauform fand zum Beispiel bei den Zentralen der Misoixer Kraftwerke, den ersten unterirdischen Zentralen in Graubünden Anwendung (1951–62), aufgrund schlechter Felsqualität und um nicht zu grosse Gewölbe konstruieren zu müssen. So besteht die Zentrale Spina aus mehreren kleinen, voneinander getrennten Kavernen, die parallel zueinander angeordnet und durch Verbindungsstollen erschlossen sind. Verschieden grosse Gänge und Hallen mit hufeisenförmigen Profilen wurden aus dem Fels herausgehauen und mit Beton verkleidet. Jede funktionale Einheit, jeder Anlageteil, ja fast jeder Apparat ist hier in einem eigenen und besonderen Raum untergebracht, der durch seine Funktion, durch seine spezifische Form und Grösse, durch das Material der Wände, durch die von Raum zu Raum sich unterscheidende Lichtführung, durch die Geräusche der Maschinen oder des Wassers oder auch durch die Stille sein besonderes Leben erhält.

Kavernenzentrale Spina: Überfallkammer (oben, Bild: Jürg Ragetti) und Ablaufrinne (unten, Bild: Christian Kerez)





#### Zentrale Fionnay

- 1 Druckstollen
- 2 Verteiler
- 3 Schieber
- 4 Pelton-Turbinen
- 5 Generatoren 60 000 kVA
- 6 15-kV-Zellen
- 7 Transformatoren 15/220 k
- 8 225-kV-Schaltraum
- 9 Kontrollraum
- 10 Kommandoraum
- 11 Betriebseinrichtung
- 12 Trafo-Ölablassgrube
- 13 Werkstätten
- 14 Montageplatz
- 15 Unterwasserkanal
- 16 Sicherheitsablaufkanal
- 17 Zugangsstollen
- 18 Betriebsgebäude

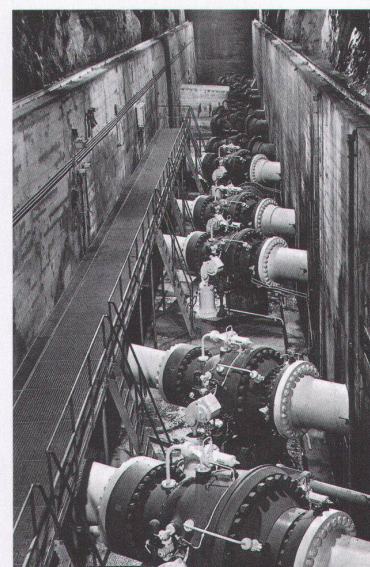
Grundriss, Schnitt Kavernenzentrale Fionnay. – Bild aus: Frank Gygli, Grande Dixence, Lausanne 1961

Auch die 1958 in Betrieb genommene Zentrale Fionnay der Grande Dixence Werke ist ein weitverzweigtes räumliches Gebilde, bestehend aus einem System von Kavernen. Maschensaal und Schieberkammer sind als zwei parallel angeordnete, langgestreckte, mit Panzertüren getrennte Kavernen angelegt. Und auch die Transformatoren- und Schaltanlagen sind unterirdisch eingebaut. Da der Abtransport der Energie über Freileitungen geschieht, sind ihre Kammern unmittelbar unter die Oberfläche des Felsens gelegt und öffnen sich nach aussen. Diese Öffnungen in der steilen Felswand sowie auch das Betriebsgebäude ragen wie Tentakel des unterirdischen Kavernensystems ins Freie und geben eine Ahnung vom dahinterliegenden riesigen Raumgebilde.

Bei später projektierten Zentralen wurde aufgrund bautechnischer Vorteile und geringerer Risiken beim Bau die Unterbringung von Schieberkammer, Maschensaal und Transformatorenanlage unter einem einzigen Kavernengewölbe bevorzugt. Bei dieser Konzeption trennt üblicherweise der Maschensaal die hydraulischen Elemente (Verteilung, Turbinenzuleitung, Turbinenabläufe, Ablaufkanal) von den elektrischen Einrichtungen (Transformatoren, Kabelleitungen usw.), wobei Schieberkammer einerseits und Transformatorenzellen andererseits mit starken Eisenbetonwänden geschützt sind. So wurden zum Beispiel die Kavernenzentralen der Maggia- und Blenio-Kraftwerke (Peccia, Cervergno, Reobbio, Bavona, Biasca) nach dem Ein-Kavernen-Prinzip projektiert, nachdem



Zentrale Fionnay, Leitungsabgänge und Betriebsgebäude. – Bild aus: Alessandro Botteri Balli, Wasserkraftwerke der Schweiz, Architektur und Technik, Zürich 2003



Schieberkammer Zentrale Fionnay  
Bild aus: Frank Gygli, Grande Dixence, Lausanne 1961

beim Bau der Kaverne Verbano Probleme aufgrund ungünstiger geologischer Verhältnisse entstanden sind. In der Kaverne Bavona wurde selbst die Schaltstation integriert.

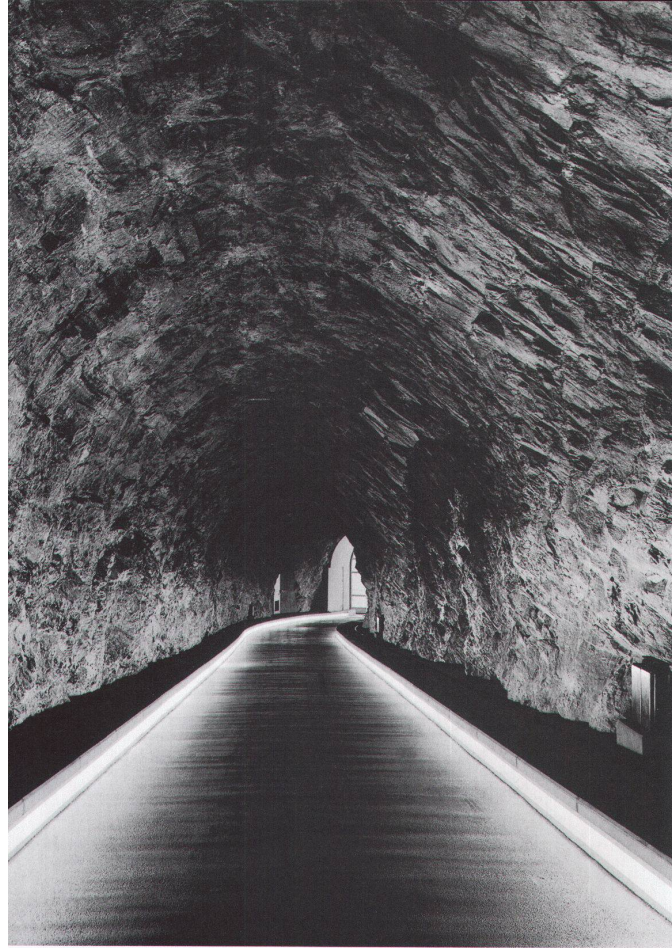
#### Maschinenhallen und technische Nebenräume

Die Gestaltung der grossen Kraftwerkzentralen als Repräsentationsbauwerke war einst Ausdruck des Stolzes der Erbauer und der wirtschaftlichen Macht der Kraftwerksgesellschaften. Die unterirdische Bauart hatte zur Folge, dass der öffentliche Charakter dieser Bauwerke zurücktrat und damit auch die architektonische Gestaltung immer mehr in den Hintergrund rückte. Auch brauchte man sich um das architektonische Äussere der sehr grossen Maschinenhallen nicht mehr zu sorgen.

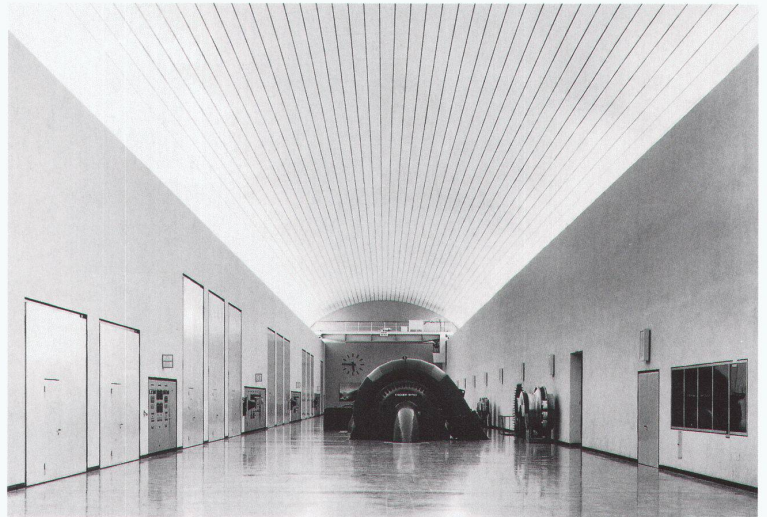
Die Gestaltung der Kavernenzentralen wurde meist von Abteilungen in den grossen Kraftwerkbaufirmen erledigt, in deren Händen der ganze Bau der Anlagen lag. Nach aussen hin verkörpern die Freiluftschaltanlagen und Transformatoren das Kraftwerk. Die unterirdischen Bauten betritt man durch ein unauffälliges Tor, und lange Stollen führen ins Berginnere zur Maschinenhalle. Die Arbeit der Architekten beschränkt

sich auf die Gestaltung der Maschinenhalle und des Portals. Die bewusste Inszenierung des Unterirdischen ist dabei sehr selten ein gestalterisches Thema.

Eine bemerkenswerte Ausnahme ist die Kaverne Innerferrera (erbaut 1962, Architekt Konrad Metzger in der Firma Motor Columbus) der Kraftwerke Hinterrhein. Der dunkle Zugangsstollen, in dem der Fels sichtbar belassen worden ist und nur die Fahrbahnspur mit im Randstein versenkten Lampen beleuchtet wird, steht im Kontrast zur weiten und hellen Maschinenkaverne. Beim Betreten des Maschinensaals ändert sich schlagartig die vorher entstandene Erwartung einer tief im rohen Fels liegenden, dröhnenden Unterwelt. Die Maschinen sind durch Verschaltungen schallgedämpft, und ein immer helles indirektes Neonlicht leuchtet die Halle gleichmässig aus. Die Decke ist mit weissen, perforierten Dämmplatten verkleidet, der Boden mit geschliffenen, glänzenden Kunststeinplatten belegt, und die Seitenwände sind weiss verputzt. Alle technischen Nebenräume, der Kugelschieberaum mit den Absperrorganen, die Transformatoren, die Kommandostelle und die Räume für das Betriebspersonal sind um die 130 m lange Maschinenhalle herum angeordnet und mit grossen Fensteröffnungen und Toren auf sie



Zugangsstollen Zentrale Ferrera. – Bild: Christian Kerez



Maschinensaal Ferrera. – Bild: Christian Kerez

orientiert, so dass die seitlichen Wände zu eigentlichen Innenfassaden werden. Trotzdem hielt man damals bedauernd fest: «In der grossen und hellen Halle der Maschinenkaverne Ferrera stellt sich niemand mehr den gewaltigen und düsteren Felsdom vor, der hier einmal vor dem Einbau der glatten Wände und der leichten, gewölbten Decke bestand.»<sup>4</sup>

Die geologischen Verhältnisse und die Feuchtigkeit des Felsens der Stollen und Kavernen bedingt meist eine Verkleidung des Gesteins mit einer Betonschale oder mit Gussbeton. Die Räume der Maschinenhalle sind üblicherweise mit einer zweiten Hülle geschützt, so auch beim Kraftwerk Handeck II: «Der Maschinensaal besitzt ein doppeltes Eternitdach. Dieses ist so gelegt, dass zwischen ihm und dem Gewölbe der Kaverne ein begehrter Raum verbleibt. Auch die Seitenwände aller Räume über dem Maschinensaalboden sind nicht unmittelbar an die Felswand angelegt, sondern es wurden auf dem ganzen Umfang Hohlräume mit Entwässerungsableitungen angelegt. Diese Anordnung gibt die Gewähr, dass alle Betriebsräume immer trocken bleiben werden.»<sup>5</sup> Die Hallen sind so

meist sehr «neutrale» Räume, in denen man die Wahrnehmung der unterirdischen Lage möglichst vermeiden wollte. Bei der Gestaltung legte man das Schwergewicht darauf, dem Betriebspersonal möglichst angenehme Arbeits- und Aufenthaltsräume zu bieten. Nicht selten versuchte man, mit der künstlichen Beleuchtung die Illusion von Tageslicht zu erzeugen: «Der Maschinensaal macht in seiner einfachen, gediegenen Ausstattung und seinen gefälligen Proportionen einen ausserordentlich guten Eindruck, wozu nicht zuletzt auch der hellgelbliche Anstrich der Wände, die gelungene Beleuchtung und die tadellose Ventilation beitragen. (...) Der Beleuchtung der Maschinenhalle wurde ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt, um dem Betriebspersonal in der tief im Berg gelegenen Zentrale den Dienstaufenthalt nach Möglichkeit zu erleichtern. Durch die Verwendung von teils indirekt, teils direkt angeordneten Fluoreszenzröhren und einer sorgfältig abgestimmten Farbtrönung der Eternitdecke, der Wände und des Fussbodens konnte eine Lichtwirkung erzielt werden, die dem direkten Sonnenlicht sehr nahe kommt.»<sup>6</sup>

<sup>4</sup> Die Kraftwerkanlagen Hinterrhein-Valle di Lei, Separatdruck aus Terra Grischuna/Bündnerland, September 1962, S. 72, K. Wenzel/W. Keller. Die Stollen-, Schacht- und Kavernenbauten.

<sup>5</sup> wie 3, S. 50.

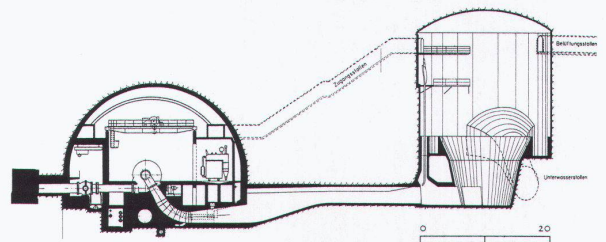
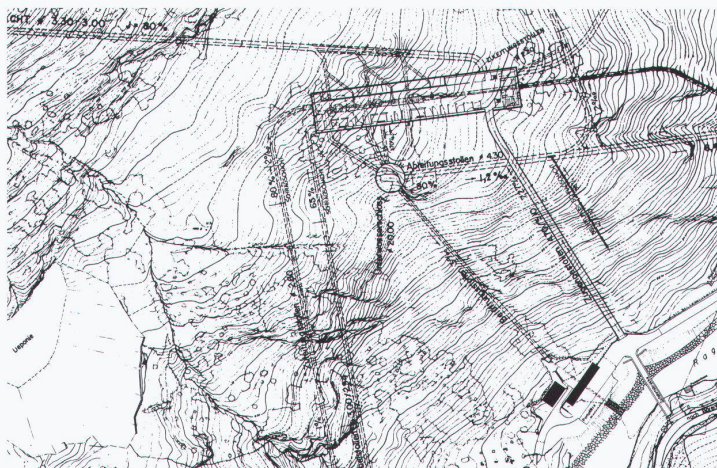
<sup>6</sup> Kraftwerke Oberhasli (Hrsg.), Kraftwerk Handeck II 1947–1950. Denkschrift über den Bau des Kraftwerks Handeck II, Bern 1951, S. 37/5. 42.



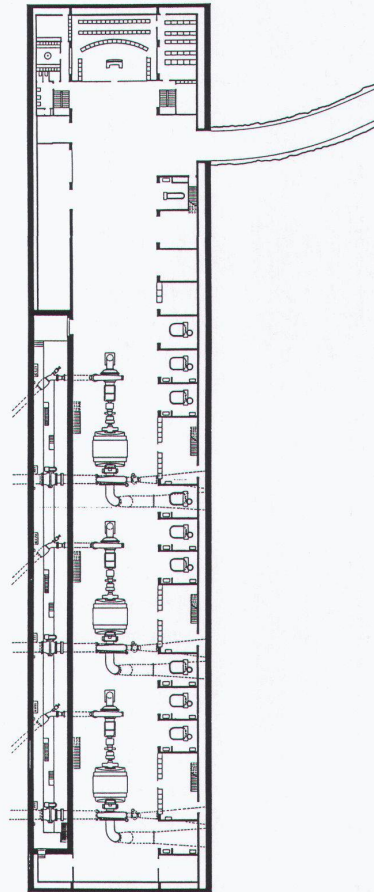
Die Erfahrung der ausserordentlichen Situation der Technikbauwerke im Berginnern, der Verbindung von Fels, Wasser und Technik, ist aber am unmittelbarsten, intensivsten und eindrücklichsten in den technischen Nebenräumen, die sehr stark von der unterirdischen Lage und den aussergewöhnlichen Formen der Kavernen geprägt sind: Die Gewölbe und Wände sind aus rohem Fels, Spritzbeton oder schalungsrohem Beton; immer präsent sind die Maschinen, die technischen Apparate, die stählernen Wasserleitungen oder die Kabel. Die besondere Ausdruckskraft, das besondere Leben dieser Orte und die aussergewöhnlichen architektonischen Bauformen sind das Ergebnis von funktionellen und technischen Bedingungen und Gegebenheiten und Überlegungen der Ingenieure. Ausdruck der Funktionalität und Ökonomie ist das Baumaterial Beton, mit dem die unterirdischen Gewölbe konstruiert sind. Unverkleideter, offener Fels ist sehr selten anzutreffen. Auch die Geräusche der Maschinen und des Wassers und die meist spärliche Beleuchtung erhalten hier eine grosse Bedeutung. ■

Jürg Ragetti, Architekt in Chur und Präsident des Bündner Heimatschutzes, ist Mitautor des leider vergriffenen Buches «Bündner Kraftwerkbauten» (Chur 1991, mit Conradin Clavuot und Fotos von Christian Kerez). Er arbeitet derzeit u. a. an einer umfassenden Studie zur Architektur des Schweizerischen Kraftwerksbaus.

Situationsplan Zentrale Ferrera. – Bild aus: Conradin Clavuot, Jürg Ragetti, Die Kraftwerkbauten im Kanton Graubünden, Chur 1991



Querschnitt Kaverne und Unterwasserschloss Ferrera



Grundriss Zentrale Ferrera

### Les royaumes cachés de la technique *Les*

*centrales hydrauliques souterraines en Suisse* Les centrales hydrauliques à haute pression sont d'imposants systèmes souterrains formés de galeries, de puits et de cavernes établis dans les profondeurs du paysage alpin qu'ils ont fortement changé. Là où autrefois le paysage était rempli du bruit des rivières et des torrents, on ne trouve, la plupart du temps, plus que des filets d'eau silencieux. À l'image d'un système de grottes avec des ruisseaux, des rivières, des cavités et des bassins d'eau, les centrales hydrauliques constituent un univers souterrain de la technique avec des espaces taillés dans la roche, des voûtes et des galeries bétonnées, d'imposantes machines et appareils, de grands tubes et conduites en acier. Des ouvrages aux dimensions en partie presque inconcevables, des machines ainsi que des galeries et des conduites à haute pression y expriment la puissance prodigieuse des eaux. La disposition des équipements en souterrain, notamment des salles des machines, permet de les optimiser, sans contraintes extérieures, en fonction des conditions économiques, fonctionnelles et liées à l'exploitation. Sur le plan fonctionnel, constructif et spatial, on peut distinguer deux types de centrale: des équipements qui sont formés de plusieurs cavernes dans lesquelles les différentes parties sont logées et des équipements avec une seule grande caverne dans laquelle toutes les parties sont intégrées comme des aménagements intérieurs.

Dans les halls des machines, on voulut éviter au mieux la perception de la situation souterraine et l'on veilla à offrir les espaces les plus agréables possibles au personnel d'exploitation. Des façades intérieures et un éclairage artificiel donnèrent l'illusion de la lumière naturelle furent ainsi créés. La perception de la situation extraordinaire des ouvrages techniques à l'intérieur de la montagne est la plus directe et la plus impressionnante dans les espaces techniques secondaires. Les voûtes et les parois sont ici en roche brute, en béton projeté ou en béton brut de décoffrage; y sont toujours présents les machines, les appareils techniques, les conduites en acier ou les câbles et, enfin, le bruit de l'eau et de la technique. ■

### Hidden realms of engineering *The underground*

*hydroelectric power stations in Switzerland* High pressure hydroelectric power stations are mighty underground systems consisting of tunnels, shafts and caverns in the heart of the alpine mountains, mountains that have consequently undergone a far-reaching transformation. Quiet rivulets flow in places that were previously filled with the roar of rivers and brooks. Resembling a system of caves with underground water veins, streams and rivers, grottoes and pools, the power stations are an underground realm of technology with rocky spaces, concreted vaults and tunnels, mighty machines and appliances and huge steel pipes and cables. The immense power of the water is expressed in the sometimes almost incomprehensible dimension of the constructions, machinery, pressure tunnels and pipes. The underground arrangement of the plants, and in particular the machinery control centres, ensures optimal economic, functional and operational conditions without any outer compulsions. Two types of plant can be distinguished in terms of function, construction and space: those consisting of several caverns with the different parts accommodated in separate cavern rooms; and those with a single large cavern in which all the parts are integrated as secondary installations.

When designing the machinery rooms, the intention was to draw as little attention as possible to the underground location of the plant and to put the emphasis on providing the operational staff with premises as pleasant as possible. The means to this end were the construction of interior façades and artificial lighting in order to create the illusion of daylight. The experience of the exceptional situation of the technical plants in the inside of the mountain is, however, at its most immediate and impressive in the auxiliary technical rooms. Here, the vaults and walls are naked rock, gunned or rough-shuttered concrete; the machines, technical apparatus, steel water pipes and cables are always present, as is the roar of water and machine. ■