

# Wasserkraftanlagen in den Ost- und West-Alpen und Massif Central

Autor(en): **Gut, Walter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **73 (1955)**

Heft 30

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-61960>

## **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.

## Wasserkraftanlagen in den Ost- und West-Alpen und im Massif Central

Von Ing. S. I. A. Walter Gut, Elektrowatt, Zürich

DK 621.29

Fortsetzung von Seite 448

### c) Kraftwerke der Montecatini, Società Generale per l'Industria Mineraria e Chimica in Mailand

Dieser grösste Industriekonzern Italiens ist gleichzeitig der bedeutendste Energieproduzent für Eigenbedarf in Europa. 1951 war der Verbrauch elektrischer Energie etwas grösser als 1952; er wurde aus den folgenden Quellen gedeckt: Wasserkraftanlagen 1951 Mio kWh (69 %), Wärmekraftanlagen 113 Mio kWh (4 %), Fremdenergie 759 Mio kWh (27 %), total 2823 Mio kWh (100 %), was 9,2 % der gesamten Elektrizitätserzeugung Italiens bildet.

Die technischen Abteilungen der Montecatini bauen Wasserkraftanlagen und thermische Zentralen für sich wie auch für Dritte; es sind bis heute hydraulische Anlagen von über 500 000 kW installierter Leistung erstellt worden, die im Mittel jährlich 2,35 Mia kWh erzeugen. Unter den Wärmekraftwerken ist die neueste 125 000 kW-Zentrale von Tavazzano bei Mailand zu erwähnen, die Naturgas verbrennt und jährlich 700 Mio kWh abgeben kann. Bauherr ist die Società Termo-Elettrica Italiana STEL, die von der Edison, der Azienda Generale Italiana Petroli AGIP, der Azienda Elettrica Municipale di Milano AEM, der Società Acciaierie e Ferriere Lombarde Falck und der Montecatini gebildet wird.

#### 1. Kraftwerk Ala an der Etsch [23, 24]

Dieses Wasserkraftwerk der Società Elettrica Ala SEA (Montecatini und Società Elettrica Selt-Valdarno) ist am 25. Mai 1953 eingeweiht worden. Am 1. Juli 1951 wurden die Arbeiten aufgenommen, und schon nach 18½ Monaten Bauzeit konnte die erste Maschinengruppe am 15. Januar 1953, die zweite am 15. April 1953 dem Betrieb übergeben werden. Bemerkenswert an dieser Anlage ist aber nicht allein das Tempo der Ausführung.

Das Kraftwerk Ala ist dem seit 1928 bestehenden Werk Mori (11 m Gefälle, 200 m<sup>3</sup>/s Ausbauwassermenge, installierte Leistung 4 × 4000 = 16 000 kW) angefügt worden. Das Stauwehr in der Etsch, etwas unterhalb Rovereto gelegen, wurde unverändert verwendet, während die Staukote und die horizontale Dammkrone des 2,4 km langen Oberwasserkanals um 1 m erhöht worden ist. Vor der Zentrale Mori, die erhalten bleibt, dringt der neue Oberwasserstollen in die Felsformation der rechten Talflanke ein, die aus nicht besonders harten Trias-Kalken besteht.

Das hauptsächlichste Bauobjekt dieser Anlage ist der *Druckstollen* (Bilder 18 und 19, Querschnitte auf Bild 22). Bei dem ungewöhnlich grossen Querschnitt waren die geologischen Verhältnisse von ausschlaggebender Bedeutung. Die Schichtung des Gesteins und die darin enthaltenen lehmigen und basaltischen Einschlüsse gestatteten nicht, den vollen Ausbruchquerschnitt auf längere Zeit unverkleidet stehen zu lassen. In drei der sieben Vortriebe hat man das ganze Profil ausgebrochen, die andern wurden durch Firststollen aufgeschlossen mit darauf folgender Ausweitung der Kalotte und Einziehen des Gewölbes. An Stellen, die etwas solider waren, wurde mittels Sohlstollen, Aufbruch und Ausweitung vorgegangen. Vollausbuch erwies sich überall dort vorteilhafter

Tabelle 10. Kraftwerk Ala an der Etsch

Einzugsgebiet (Wassersfassung)	10 400 km <sup>2</sup>
Mittlere jährliche Wasserspende (238 m <sup>3</sup> /s od. 0,72 m Abflusshöhe)	7,5 Mia m <sup>3</sup>
Ausgenützte Wassermenge	200 m <sup>3</sup> /s
Stauwehr	
Staukote (nach Erhöhung)	165,75 m ü. M.
4 Oeffnungen mit Stoney-schützen	16,5 × 6,0 m
Oberwasserkanal	
Länge	2400 m
Querschnitt (min.) (max. Wassergeschwindigkeit 1,58 m/s)	126,67 m <sup>2</sup>
Druckstollen	
Länge	9250 m
Querschnitt (9,54 m Breite, 8,50 m Höhe) (max. Wassergeschwindigkeit 3,02 m/s)	66,25 m <sup>2</sup>
Mittlere Nutzgefälle	20,90 ÷ 27,80 m
Druckschächte	2 × Ø 5,60 m
Install. Leistung	2 × 24 260 = 48 520 kW
Mittl. jährliche Energieerzeugung	
Sommer	154 Mio kWh (55 %)
Winter	126 Mio kWh (45 %)
Total	280 Mio kWh (100 %)

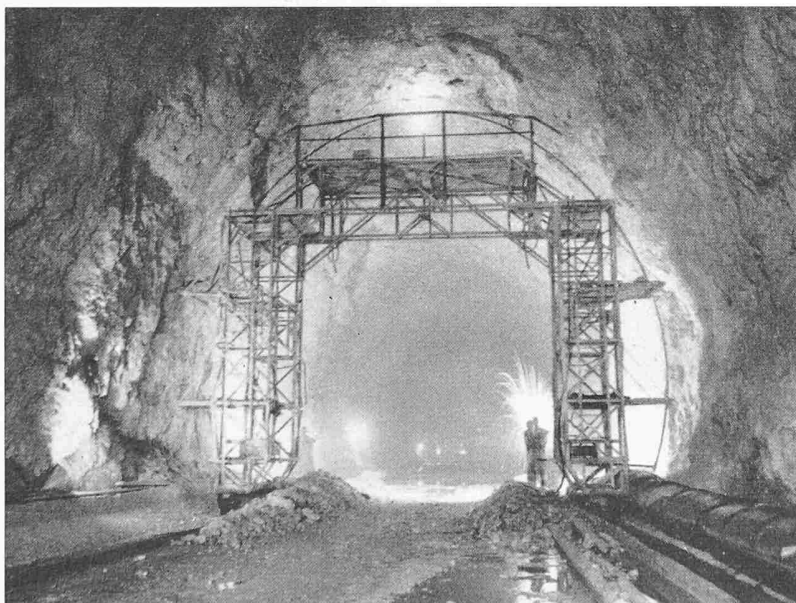


Bild 18. Druckstollen des Kraftwerkes Ala, Vollausbuch

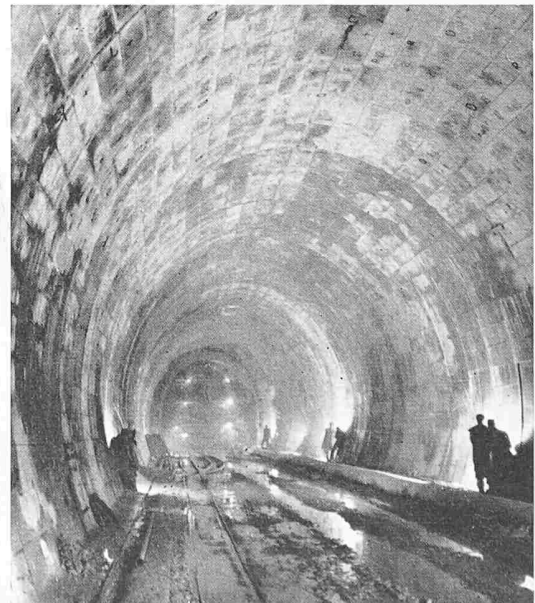


Bild 19. Verkleidung mit Betonplatten

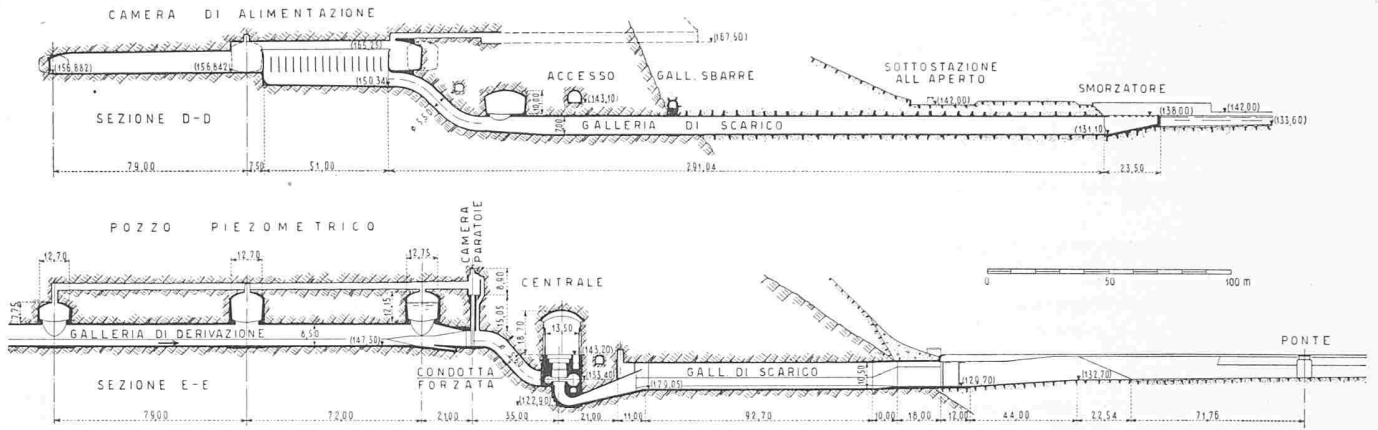


Bild 20. Wasserschloss und Zentrale Ala, Längsschnitte 1:3000

als die klassischen Methoden, wo das Gestein dieses Vorgehen überhaupt zuließe. Der mittlere Aufwand für den Ausbruch eines Kubikmeters Festgestein und dessen Abtransport auf die Deponie war folgender:

Vollausbruch 4 Arbeitsstunden 1,1 kg Sprengstoff (Gelinit)  
 Klass. Methode 5 Arbeitsstunden 0,8 kg Sprengstoff

Ein etwas grösserer Sprengstoffverbrauch ist durch die Einsparung an Arbeitsaufwand mehr als ausgeglichen, dazu kommt als Vorteil der Vollausbruch-Methode der grössere Tagesfortschritt. Dieser war im Mittel 4,5 m, im guten Fels 5,5 m pro Tag. 136 Bohrlöcher von 5,0 m Tiefe waren nötig, sowie folgende Zeiten (in min): Aufstellung der Bohreinrichtung 40, Bohrarbeit 300, Ladearbeit 75, Zurückziehen der Bohreinrichtung 20, Sprengen und Lüften 20, total 455 min. Es wurden mittelschwere Bohrhämmer und Bohrer mit Hartmetallschneidern verwendet.

Für die Schutterung sind grosse Löffelbagger angesetzt worden, sowie 2-m<sup>3</sup>-Rollwagen. In einem Vortrieb und bis auf 1200 m Tiefe vom Fensterportal weg fuhr man den Ausbruch mit Lastwagen ab. Die Ventilation dieser Baustelle mit Vollausbruch war jedoch schwierig, und hinter dem Vortrieb konnten keine anderen Arbeitsgruppen eingesetzt werden.

Das Profil ist auf der ganzen Länge verkleidet worden. Statt Schalungen und Verputz verwendete man Platten, die nach dem Vakuum-Concrete-Verfahren vorfabriziert waren. Der Preis kam im ganzen nicht höher als der einer Holzschalung; damit wurden jedoch alle Nachteile des später aufgetragenen Verputzes vermieden. Die Hinterfüllung, auf mecha-

nischem Wege eingebracht, erhielt eine Dosierung von PC 200 kg/m<sup>3</sup>; injiziert wurde nur in der Kalotte. Versuche mit Prepekt-Beton zeigten technisch günstige Resultate; wirtschaftliche Vorteile ergaben sich jedoch keine. Ueberdies eignete sich das Verfahren für den gewählten Bauvorgang zu wenig, und es wurde deshalb nicht verwendet. Jeder Zentimeter Gefällsverlust entspricht bei dem Nutzgefälle einem jährlichen Produktionsverlust von 120 000 kWh. Alle möglichen Querschnitte sind deshalb untersucht worden sowie alle Arten der Auskleidung des Stollens, die Lösung ohne Verkleidung eingeschlossen. Das gewählte Hufeisenprofil und die vorfabrizierten Platten haben sich wirtschaftlich als am günstigsten erwiesen.

Im Druckstollen des Werkes Castelbello, auf das wir später zurückkommen werden, war festgestellt worden, dass die *k*-Werte der Strickler-Formel, auf grosse benetzte Querschnitte angewendet, nicht mehr richtige Resultate ergeben. Es handelt sich dort um einen kreisförmigen Druckstollen von 4,0 m innerem Durchmesser für eine maximale Wassermenge von 30 m<sup>3</sup>/s, dessen Betonring mit einem 20 mm starken, mit der Kelle geglätteten Zementverputz versehen ist. Das in den ersten Betriebswochen gemessene, mittlere *k* war nur 85. Trotzdem hat man in Ala, mit einer äusserst sorgfältigen Versetzung der entlüfteten Verkleidungsplatten rechnend, *k* = 100 angenommen.

Das Wasserschloss (Bilder 20 bis 22) ist für die folgenden, sehr schweren Betriebsbedingungen gebaut worden: 1. Kurzschluss der totalen Leistung bei maximaler Wassermenge. 2. Plötzliches totales Anfahren auf Vollast einer Gruppe, 15 min später Aufdrehen der zweiten Gruppe in 3 min von Leerlauf auf Vollast.

Der nach Thoma für die Stabilität nötige, minimale Querschnitt des Wasserschlosses ist rd. 3500 m<sup>2</sup>; 5000 m<sup>2</sup> sind vorhanden. Ein Wasserschloss ohne Ueberfall kam bei den 600 000 t Wasser, die sich mit 3 m/s talwärts bewegen, nicht in Frage. Dies schon deshalb nicht, weil der grosse Querschnitt des Druckstollens, dessen Scheitel jetzt am Stollenportal unter 5 m, beim Wasserschloss unter 10 m Wasserauf-

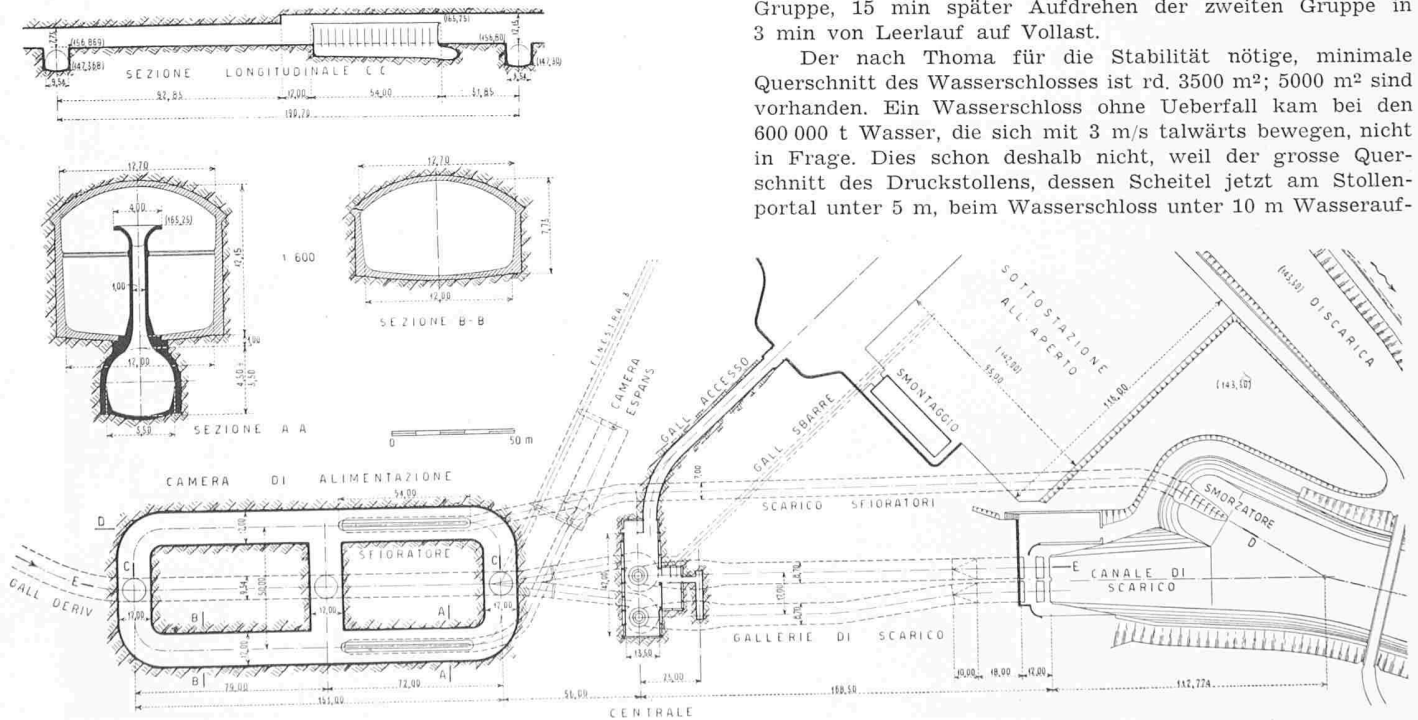


Bild 21. Zentrale Ala. Grundriss und Schnitte 1:3000 von Wasserschloss und Unterwasserkanal

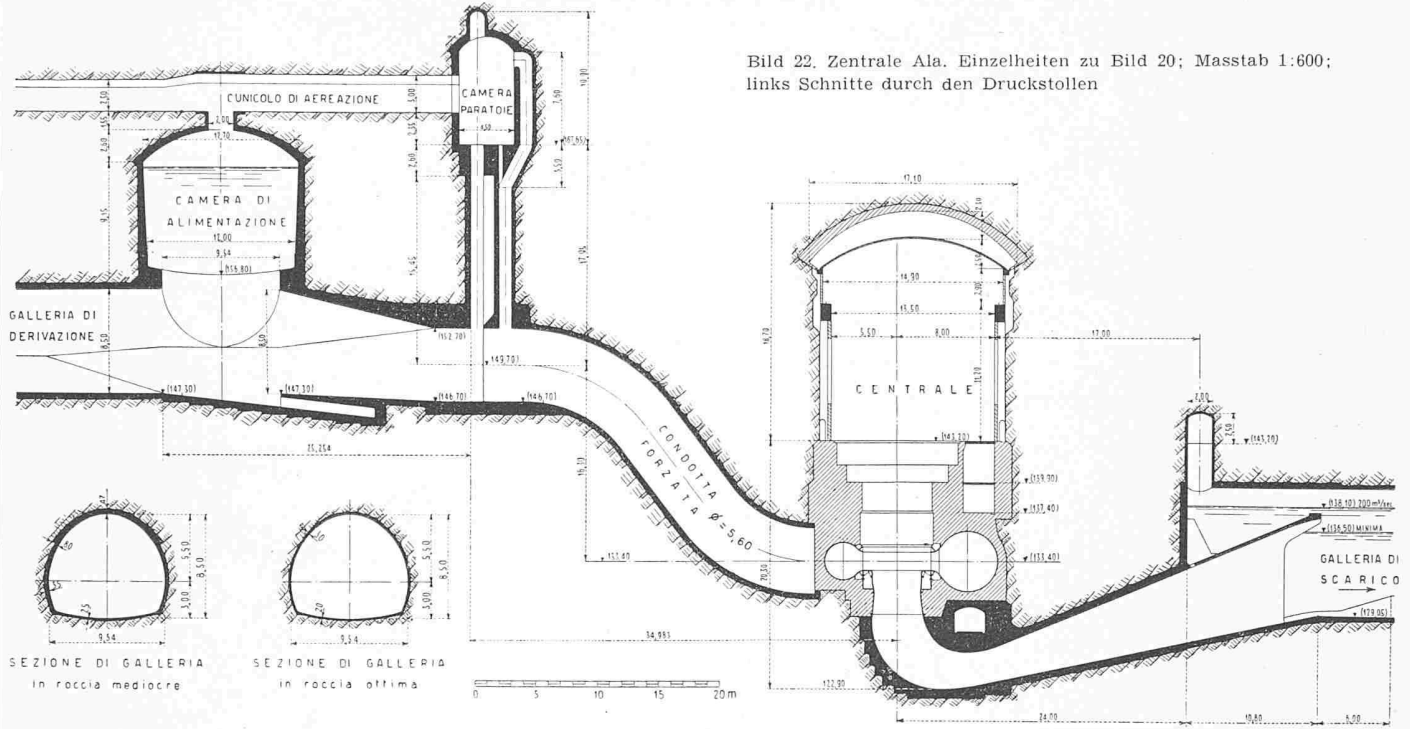


Bild 22. Zentrale Ala. Einzelheiten zu Bild 20; Masstab 1:600; links Schnitte durch den Druckstollen

last steht, nicht ohne grosse Mehrkosten unter höheren Druck hätte gesetzt werden können. In der ringförmigen, 418 m langen oberen Kammer, die durch drei Schächte von 9,54 m Durchmesser mit dem Druckstollen in Verbindung steht, sind zwei Entlastungen von insgesamt 216 m Ueberfalllänge vorhanden. Die Ueberfallkante liegt 50 cm unter dem statischen Wasserspiegel auf Kote 165,25.

Seitlich der beiden Entlastungsanlagen ist eine Expansionskammer gebaut, die verhindert, dass die Ueberfälle bei einer plötzlichen totalen Entlastung der Zentrale eingestaut werden. Denn das Wasser in dem 300 m langen Ueberlaufstollen muss eine Geschwindigkeit von über 5 m/s erreichen, damit die 200 m<sup>3</sup>/s abgeführt werden, was einige Sekunden erfordert. Bei der Ausmündung in den offenen Unterwasserkanal strömt das Wasser senkrecht durch eine solide, gitterartige Eisenbetonkonstruktion und fällt auf sich selbst zurück. Dieser Energievernichter wurde in Modellversuchen im hydraulischen Laboratorium des Polytechnikums Mailand entwickelt.

Auf die Kavernenzentrale, die auch die Transformatoren enthält, folgen die beiden 132,5 m langen Unterwasserstollen, die sich zum offenen, kurzen Unterwasserkanal vereinigen, der in die Stauhaltung des Kraftwerkes Bussolengo mündet.

1,0 Mio m<sup>3</sup> Fels wurden ausgebrochen, wofür 1500 km Bohrlochlänge und 100 t Sprengstoff nötig waren. Für die rd. 100 000 m<sup>3</sup> Beton und die 27 000 m<sup>2</sup> Verkleidungsplatten brauchte es 50 000 t Zement, die ausschliesslich in TM-Behältern angeliefert wurden. 30 Mio kWh und 12 000 000 Arbeitsstunden wurden aufgewendet, um das interessante Werk zu erstellen.

**Kraftwerke am Eisack**

**2. Kraftwerk Ponte Gardena (Waidbruck) [25]**

Die Anlagen sind 1938 fertiggestellt worden. Das Wasserschloss hat einen Nutzinhalt von 15 000 m<sup>3</sup> und besitzt einen zentralen Ueberlauf mit Entlastungsschacht in den Unterwasserstollen (Bild 23). Der senkrechte Druckschacht ist mit einer armierten Betonauskleidung versehen, die Fortsetzung in die Kavernenzentrale erfolgt durch eine Verteilleitung in Stahl. Der rd. 680 m lange Unterwasserstollen mit freiem Wasserspiegel mündet unterhalb der Brücke von Gardena in den Eisack. Die Transformatoren sind in der Freiluftschaltanlage neben dem Portal des Zugangstollens aufgestellt.

**3. Kraftwerk Bressanone (Brixen) [26]**

Die Konzession für die Ausnützung der beiden Flüsse, die sich in Bressanone vereinigen, ist Eigentum der italienischen Staatsbahnen (FS). Da diese davon keinen Gebrauch machten, hat die Montecatini die Kraftwerkgruppe projektiert, knapp vor dem letzten Krieg gebaut und sie während den anschliessenden zehn Jahren auch betrieben. Heute sind die Werke in die Hände der FS zurückgelegt, doch wird die Hälfte der Energieerzeugung immer noch von der Montecatini abgenommen.

Die Kraftwerkgruppe (Bild 24) besteht aus der automatischen Anlage *Rio Valles* ( $Q = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $H = 492,0 \text{ m}$ , Installierte Leistung = 6400 kW) an einem Zufluss der Rienz und aus dem *Hauptwerk*, dessen Daten aus Tabelle 12 ersichtlich sind. Der Eisack wird bei Franzensfeste durch eine 64 m hohe Bogenstaumauer (17 000 m<sup>3</sup> Beton PC 350 kg/m<sup>3</sup>) abgeriegelt, wobei ein Staubecken von 2,0 Mio m<sup>3</sup> nutzbarem

Tabelle 11. Kraftwerk Ponte Gardena

Einzugsgebiet	rd. 3000 km <sup>2</sup>
Ausgenützte Wassermenge	100 m <sup>3</sup> /s
Stauwehr im Eisack talaufwärts von Klausen, Staukote	532,70 m ü. M.
3 Öffnungen mit Schützen von	15,0 × 5,5 m
1 Spülöffnung mit Schütze von	5,0 × 5,5 m
2 offene Zulaufkanäle	145 m lang
Entsander Dufour	2 × 7,4 × 51,5 m
Freispiegelstollen (Gefälle 1‰)	7,51 km
Mittleres Bruttogefälle	61,15 m
Vertikaler Druckschacht	Ø 6,0 m
Install. Leistung	3 × 20 000 = 60 000 kW
Mittl. jährliche Energieerzeugung	240 Mio kWh

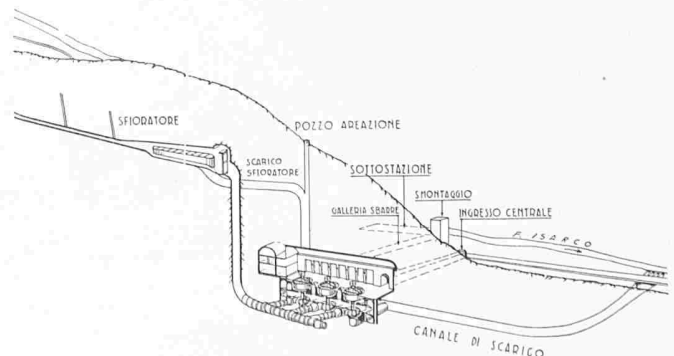


Bild 23. Zentrale Ponte Gardena

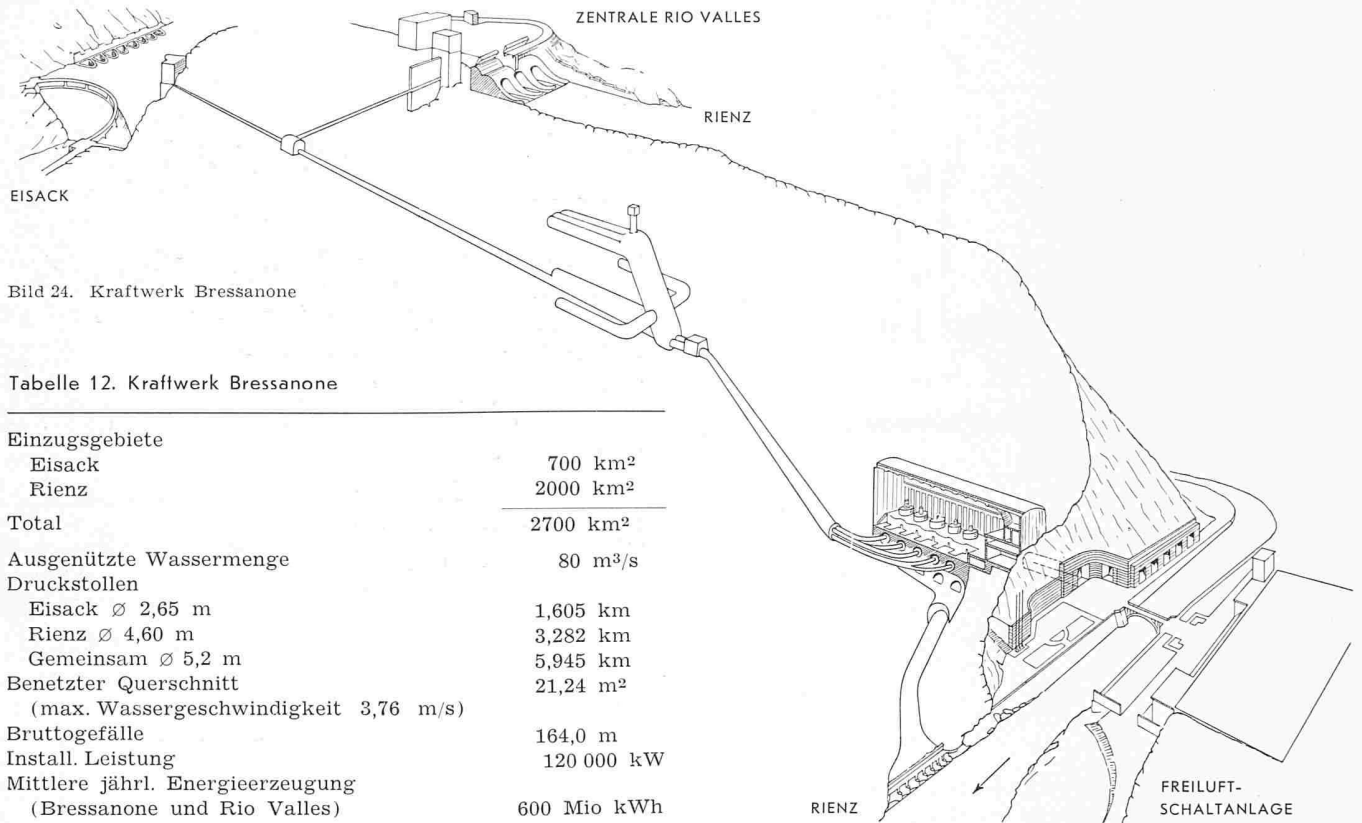


Bild 24. Kraftwerk Bressanone

Tabelle 12. Kraftwerk Bressanone

Einzugsgebiete	
Eisack	700 km <sup>2</sup>
Rienz	2000 km <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>2700 km<sup>2</sup></b>
Ausgenützte Wassermenge	80 m <sup>3</sup> /s
Druckstollen	
Eisack Ø 2,65 m	1,605 km
Rienz Ø 4,60 m	3,282 km
Gemeinsam Ø 5,2 m	5,945 km
Benetzter Querschnitt (max. Wassergeschwindigkeit 3,76 m/s)	21,24 m <sup>2</sup>
Bruttogefälle	164,0 m
Install. Leistung	120 000 kW
Mittlere jährl. Energieerzeugung (Bressanone und Rio Valles)	600 Mio kWh

Inhalt entstand. Am Rienz bildet eine 27 m hohe Gewichtsmauer (Beton PC 200—225 kg/m<sup>3</sup>), deren Fundation sehr schwierig war, mit zwei aufgesetzten automatischen Schützen von 15,0 × 4,0 m, ein Staubecken von ebenfalls 2,0 Mio m<sup>3</sup> nutzbarem Inhalt.

Nach dem Wasserschloss mit drei oberen Kammern von total 12 000 m<sup>3</sup> und drei unteren von 7000 m<sup>3</sup> Inhalt führen

zwei einbetonierte Stahlrohre von 3,0 m Durchmesser in die mit Drosselklappen ausgerüstete Schieberkammer. Ein Hosenrohr vermittelt den Uebergang zu dem Druckschacht in armiertem Beton von 4,7 bis 5,2 m innerem Durchmesser und 353 m Länge. Die Ausbildung dieses Druckschachtes ist in der Schweiz. Bauzeitung 1943, Bd. 121, S. 35/36 beschrieben. Die vier Verteilungen gehen von einem einbetonierten

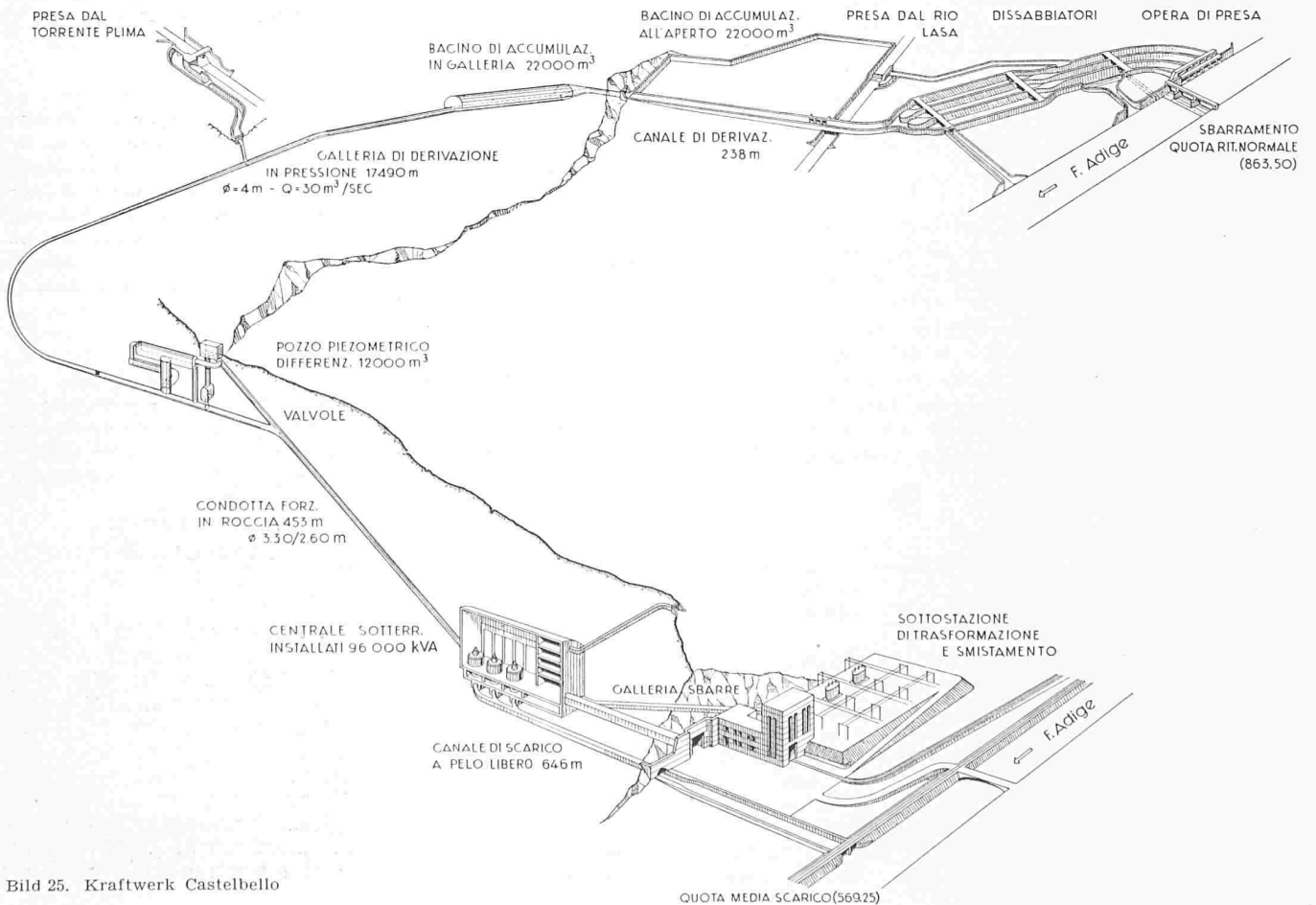


Bild 25. Kraftwerk Castelbello

vierfachen Verteilstück in Stahlguss zu den fünf Maschinengruppen und zu den zwei Eigenbedarfsturbinen von je 800 kW Leistung, die in der grossen Kavernenzentrale installiert sind. Der Unterwasserkanal von rd. 300 m Länge ist als Druckstollen ausgebildet und auf 68 m Länge zu einer Expansionskammer ausgeweitet.

#### Kraftwerkgruppe an der obern Etsch

Im Jahre 1941 hat die Montecatini den Ausbau der Wasserkräfte der obern Etsch in Angriff genommen, die hinsichtlich Einzugsgebiet und Vergletscherung wie Speichermöglichkeiten und Gefälle zu den interessantesten Italiens zählen. Als oberste Stufe wurde das Kraftwerk Glorenza erstellt mit dem bis auf 1498,1 m ü. M. (etwa 10 m unter der Wasserscheide Reschenscheideck an der österreichischen Grenze) eingestauten Resiassee (Reschensee). Das Wasser wird der Etsch unterhalb des Städtchens Glorenza (Glurns) wieder zugeführt. Nach unausgenützten etwa 12,5 km mit einem Gefälle von nur 37 m wird die Etsch in Lasa (Laas) wieder gefasst und durch das zweite Werk Castelbello (Kastell) geleitet. Die Rückgabe des Wassers erfolgt auf Kote 567,80.

In den letzten Kriegsjahren waren die Baustellen praktisch stillgelegt und die Installationen vom Militär requiriert. Erst 1946 bis 1947 sind die Bauarbeiten wieder aufgenommen worden, unter Verwendung schweizerischer Finanzhilfe, die seit 1949/50 in Form von annähernd 140 Mio kWh jeden Winter abbezahlt worden ist. Die Rückerstattungen gehen nächsten Winter zu Ende. Die beiden Kraftwerke sind am 28. August 1949 in Betrieb genommen worden. Zurzeit beendet die Montecatini den Ausbau der beiden rechtsseitigen Zuflüsse der Etsch, des Rio Plima und des Rio Lasa.

Die erzeugte Energie beider Werke wird mittels einer 220 kV-Leitung entlang der Etsch abgeführt, ferner über die bei Spondigna abzweigende neu erstellte 220-kV-Stilfserjoch-Leitung von 220 km Länge. Der Kulminationspunkt ist mit 2850 m ü. M. der höchste bis heute benützte Alpenübergang einer Kraftleitung dieser Betriebsspannung. In Villa di Tirano besteht ein Anschluss an das Netz der Brusio-Kraftwerke und an das schweizerische Verteilnetz. Ende der Uebertragungsleitung ist Cesano-Maderno bei Mailand, von wo ebenfalls ein Anschluss an die Schweiz über die ATEL und die Schaltanlage Riazino hergestellt ist [27]. Die Stilfserjoch-Leitung hat sich bis heute einwandfrei bewährt.

Tabelle 13. Kraftwerk Castelbello

	Einzugsgebiete	Vergletscherung
Etsch in Lasa	907 km <sup>2</sup>	5,5 %
Rio Lasa	32 km <sup>2</sup>	25,0 %
Rio Plima	151 km <sup>2</sup>	15,1 %
Rio Ramini	10 km <sup>2</sup>	
<b>Total</b>	<b>1100 km<sup>2</sup></b>	<b>8,0 %</b>
Ausgenützte Wassermenge		30 m <sup>3</sup> /s
Stauwehr in der Etsch bei Lasa		
Staukote		863,50 m ü. M.
2 Oeffnungen mit Schützen		12,0 × 4,5 m
1 Spülöffnung mit Schütze		6,0 × 4,5 m
Entsander Dufour		2 × 9,4 × 85,5 m
Offener Oberwasserkanal		
(seitlicher Speicher von		
22 000 m <sup>3</sup> Inhalt)		249 m lang
Druckstollen, Länge		16,769 km
(Beim Stollenportal unterirdischer Speicher von 600 m Länge und 22 000 m <sup>3</sup> Inhalt)		
Benetzter Querschnitt Ø 4,0 m		12,57 m <sup>2</sup>
(Max. Wassergeschwindigkeit 2,39 m/s)		
Mittl. Bruttogefälle		294,7 m
Install. Leistung		3 × 25 500 = 76 500 kW
Mittl. jährliche Energieerzeugung		
Sommer	235 Mio kWh	(57 %)
Winter	180 Mio kWh	(43 %)
<b>Total</b>	<b>415 Mio kWh</b>	<b>(100 %)</b>

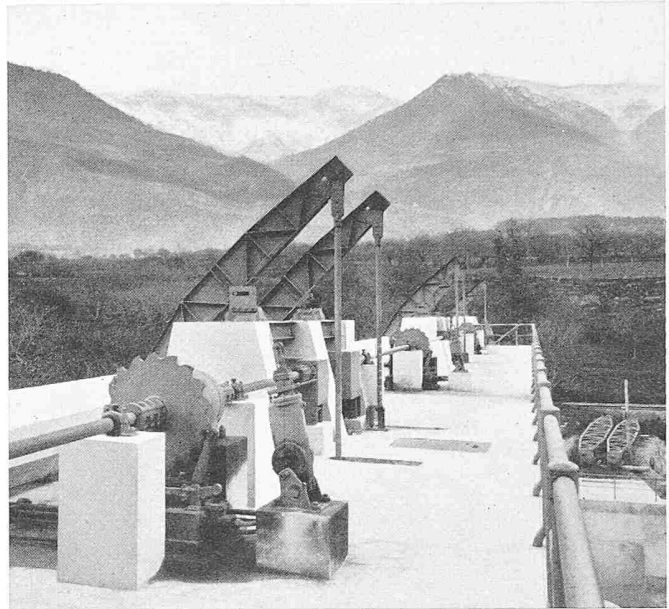


Bild 26. Antriebe «Calzoni» des Wehrs in Lasa

#### 4. Kraftwerk Castelbello [28, 29], Bild 25

Das Stauwehr ist mittels 15 Caissons im Mittel 8,2 m tief in Bachschutt und Auflandungen fundiert. Beachtenswert einfach sind die Hubwerke der Unterschützen und der 1,2 m hohen Aufsatzklappen. Der für die mit Oeldruck angetriebenen Windwerke (Bild 26) benötigte Platz in Breite und Höhe ist überraschend klein; die Anlage, von der Firma Alessandro Calzoni in Bologna entwickelt und gebaut, arbeitet einwandfrei.

Das Gestein war für einen raschen Baufortschritt des Druckstollens nicht günstig und rd. 30 % der Länge mussten mit einer inneren Eisenbetonröhre ausgekleidet werden. Die für dieses Rohr angenommenen Grenzspannungen, ohne Berücksichtigung des mitwirkenden Felsens, sind die folgenden: Stahlarmierung 2400 kg/cm<sup>2</sup>, Beton Druck 80 kg/cm<sup>2</sup>, Zug 15 kg/cm<sup>2</sup>. Eines der neun Stollenfenster ist für die Einfahrt eines Jeeps zu Revisionszwecken ausgebildet.

Das Wasserschloss mit zwei vertikalen Schächten, dem Schacht mit der Schnellschluss-Schütze und einem schrägen Steigschacht in der Verlängerung des Druckschachtes, mit einer untern Kammer von 3000 m<sup>3</sup> Inhalt und einer oberen von 7000 m<sup>3</sup>, ist ausgelegt, um einen plötzlichen Kurzschluss der gesamten Belastung der Zentrale bei max. Wassermenge aufzufangen. Ferner kann mit zwei der drei Maschinen aus ungünstigsten Verhältnissen plötzlich auf Vollast angefahren werden. Es ist nicht nötig, ein augenblickliches Anfahren aller Gruppen zu berücksichtigen, denn dies ist ohne jede Verzögerung nicht möglich.

Ueber die Ausbildung des 479 m langen Druckschachtes mit 85 % Neigung und armerter Betonauskleidung von 3,25 bis 2,80 Meter innerem Durchmesser geben die Veröffentlichungen [28, 29] Auskunft. Die Auskleidung mit einem im Beton ausgesparten, begehbaren Drainagegang hat sich einwandfrei gehalten. In Schrägschächten ist das Betonieren etwas kompliziert, während in

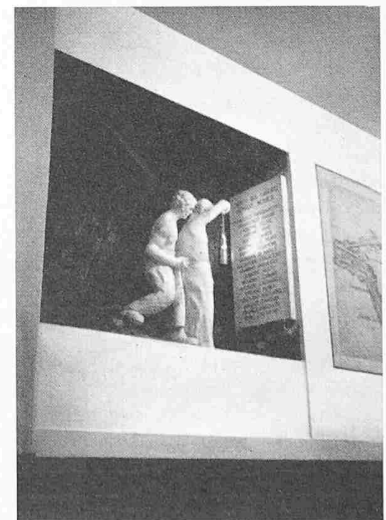


Bild 27. Denkmal für die Opfer der Arbeit in der Zentrale Castelbello

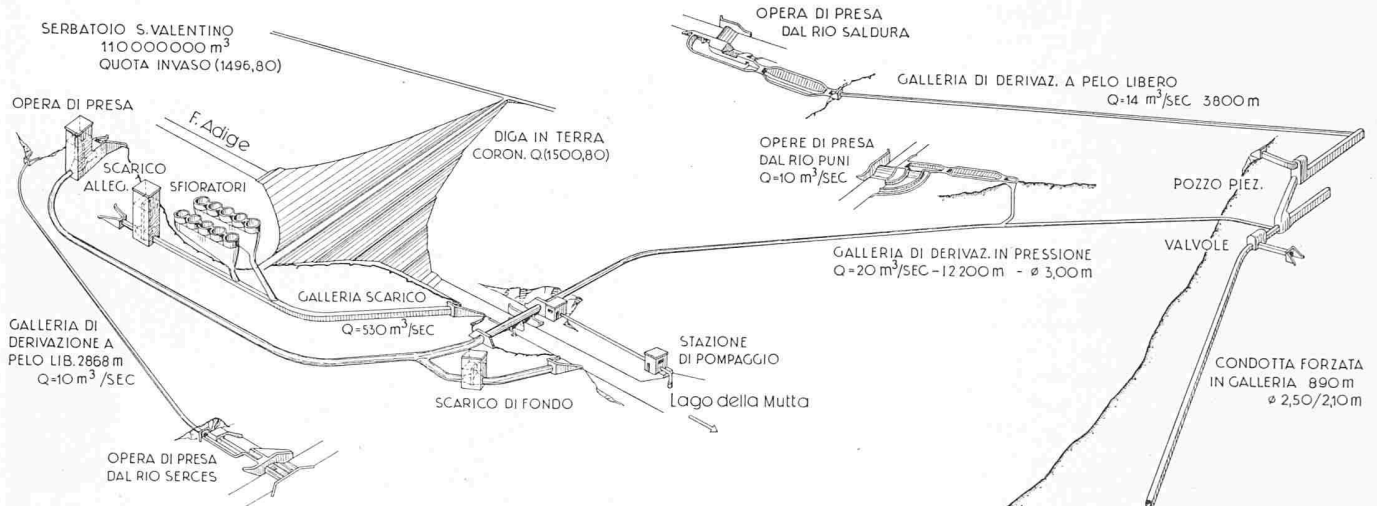


Bild 28. Kraftwerk Glorenza

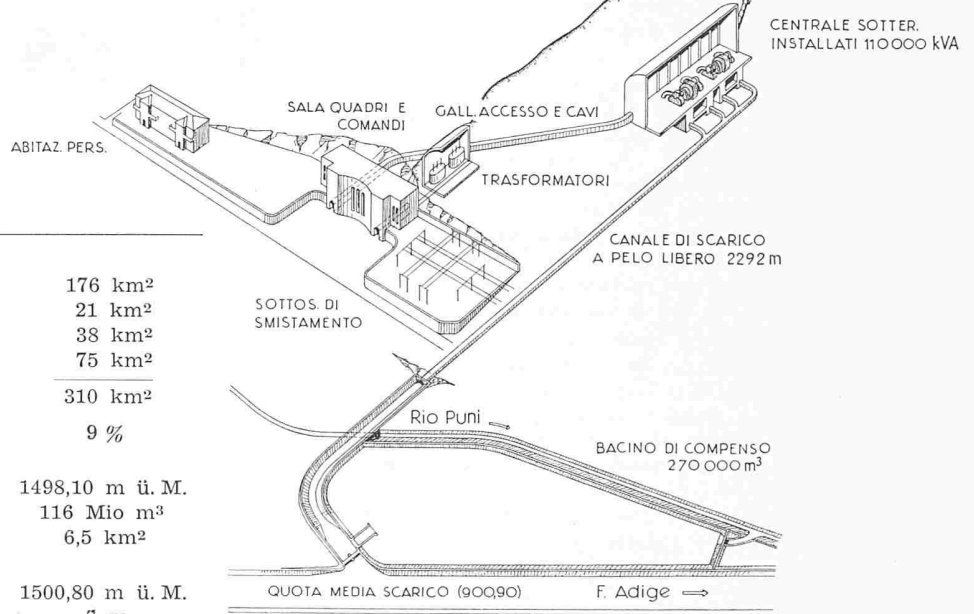


Tabelle 14. Kraftwerk Glorenza

Einzugsgebiete	
Resia-Staubecken	176 km <sup>2</sup>
Einleitung Rio Serces	21 km <sup>2</sup>
Rio Puni	38 km <sup>2</sup>
Rio Saldura	75 km <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>310 km<sup>2</sup></b>
Vergletscherung	9 %
Staubecken Resia	
Normal-Stau	1498,10 m ü. M.
Nutzhalt	116 Mio m <sup>3</sup>
Seeoberfläche	6,5 km <sup>2</sup>
Staudamm San Valentino	
Dammkrone	1500,80 m ü. M.
Breite der Dammkrone	7 m
Länge des Dammes	467 m
Grösste Breite des Dammes	186 m
Grösste Dammhöhe (über gewachsenem Boden)	31,5 m
Kubatur des Dammes	rd. 550 000 m <sup>3</sup>
Ausgenützte Wassermenge	18 m <sup>3</sup> /s
Druckstollen	
Länge	12,121 km
Benetzter Querschnitt ø 3,0 m (Max. Wassergeschwindigkeit 2,55 m/s)	7,07 m <sup>2</sup>
Max. Bruttogefälle	590,35 m
Install. Leistung	2 × 46 000 = 92 000 kW
Mittl. jährliche Energieerzeugung (während 8 Wintermonaten)	235 Mio kWh
Unterwasserkanal	
Stollen	673 m lang
Offener Kanal	962 m lang
Ausgleichbecken an der Etsch	
Nutzhalt	400 000 m <sup>3</sup>

vertikalen Schächten absolut keine Schwierigkeiten aufgetreten waren. Gegenüber einem Rohrstollen wie in Glorenza soll eine Ersparnis von 85 Mio Lire gemacht worden sein.

Die Kavernenzentrale musste in zum Teil schlechtem Fels ausgehoben werden; Pfeiler und Kranbahnträger sind in der Folge mittels einzementierten Zugeisen tief in den anstehenden Fels hinein verankert worden. Für Belüftung und für die Luftkonditionierungsanlage wurde ein schräg gegen das Gelände ansteigender Ventilationsschacht gebaut. Die Transformatoren sind in der Freiluftschaltanlage aufgestellt. Ein besonderer Stollen für die Stromschienen führt von dort

in die Zentrale (Bild 27 zeigt ein Denkmal für die Opfer der Arbeit, das im Zugang der Zentrale aufgestellt ist. Es beeindruckt durch die unbekümmerte Frische, mit welcher ein Gerät der modernen Technik (elektrische Grubenlampe mit dem marmorenen Bildhauerwerk kombiniert ist, ohne die Kitschgrenze zu überschreiten, Red.).

5. Kraftwerk Glorenza [28], Bild 28

Der Speicher Resia ist durch Ueberstauung der zwei natürlichen Seen Lago di Resia und Lago di Mezzo entstanden. Das Dorf Curòn (Graun) wurde vollständig, Resia (Reschen) teilweise unter Wasser gesetzt. Beide Dörfer sind oberhalb des Seespiegels neu aufgebaut worden, doch hat ein Teil der Bewohner es vorgezogen, sich weiter unten im Tal anzusiedeln. Mit 1510 m Meereshöhe ist die Reschenscheideck der niedrigste Uebergang Nord-Süd in den Zentralalpen. Die Reschenscheideckbahn Meran-Landeck wird nur bis Malles (Mals) betrieben; das Teilstück Malles-Landeck fehlt noch.

Die Arbeiten am Damm San Valentino (Bild 29) haben 1941 begonnen, die Schüttung des Dammkörpers jedoch erfolgte erst in den Sommermonaten 1948 bis 1950. Als Dichtung war zuerst eine armierte Betonschürze mit Fussgelenk vorgesehen, auf einer Herdmauer aufstehend, welche zu 1/3 rechtsufrig auf Fels abgestellt ist, zu 2/3 aber im Schuttkegel liegt, der den Lago di Mezzo gebildet hat. Die Herdmauer wurde zuerst pneumatisch fundiert, was in dem zu 25 bis 30 % mit grossen Blöcken durchsetzten Material schwierig war. Gebölte Schlitzte von etwa 20 m Länge und 3 m Breite führten dann zum Ziel. An der Stelle des armierten Betonschirmes ist schliesslich ein besonders sorgfältig behandelter wasserdichter zentraler Erdkern ausgeführt worden.

Im Kopf der Herdmauer wurde ein Kontrollgang ausgespart, der alle Messvorrichtungen enthält, die über das Ver-

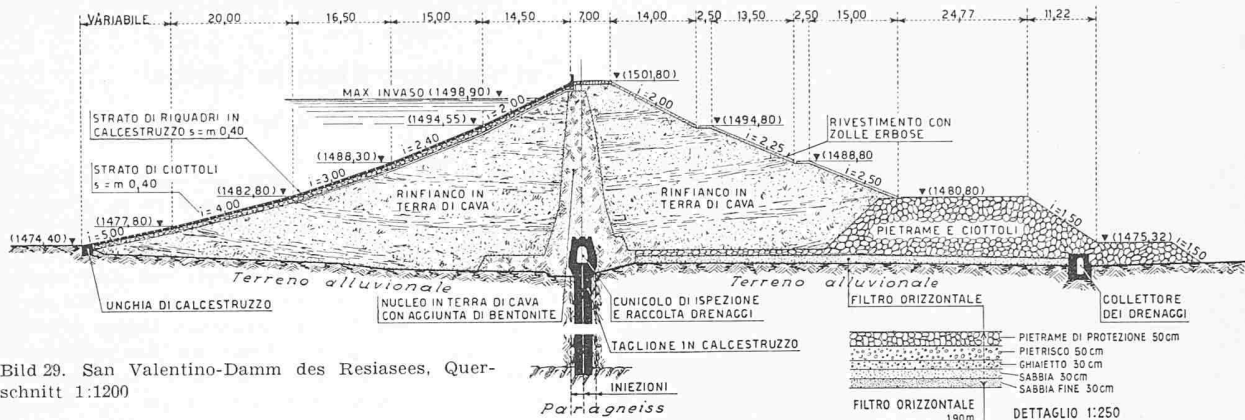


Bild 29. San Valentino-Damm des Resiassees, Querschnitt 1:1200

halten des Dammes Aufschluss geben. Talabwärts des Dichtungskernes liegt die Dammschüttung auf einem horizontalen, umgekehrten Filter, der in den längs des Dammfusses verlaufenden Sickergraben entwässert. Eine Aufteilung durch Betonmüerchen in einzelne Felder erlaubt, die Sickerverluste zu lokalisieren. Der Dammfuss wird durch einen kräftigen Stützkörper gebildet, der aus den beim Aushub des Dammschüttmaterials angefallenen Blöcken geschichtet wurde. Wasserseitig ist die Böschung mit einem umgekehrten Filter und Betonplatten gesichert.

Das Material für die Dammschüttung und den Kern gewann man am linken Ufer, etwa 500 m von der Einbaustelle entfernt. Scraper von 10 m<sup>3</sup> Inhalt hoben das Material unter Beihilfe eines Bulldozers aus und führten es direkt in das Dammprofil, wo es in Schichten von 20 bis 30 cm Dicke ausgebreitet wurde. Steine grösser als 15 cm wurden ausgeschieden. Die Verdichtung erfolgte mit Schaffusswalzen und Pneumrollern. Es wurde ein mittleres Raumgewicht des Dammkörpers von 2,25 t/m<sup>3</sup> erzielt.

Das Material für den Dichtungskern ist in einer Aufbereitungsanlage in vier Komponenten von maximal 60 mm Durchmesser zerlegt worden. In der besten granulometrischen Zusammensetzung arbeitete man Kies und Sand mit Bentonit in einer Mischanlage auf, brachte es erdfeucht in den Kern ein und verdichtete es mit Walzen und Rüttlern. Das dabei erzielte mittlere Raumgewicht ist 2,35 t/m<sup>3</sup>, einem gestampften Beton entsprechend. Ein gut ausgerüstetes Erdbaulaboratorium überwachte fortlaufend die Zusammensetzung des eingebrachten Materials sowie die Verdichtungsarbeit.

Die Hochwasserüberfälle können bei einer Ueberfallhöhe von 1,65 m 1000 m<sup>3</sup>/s abführen, was einem spezifischen Abfluss von 5,7 m<sup>3</sup>/s, km<sup>2</sup> entspricht. Sie bestehen aus drei Eisenbetontrichtern und münden in die zwei Grundablässe.

Der Entnahmestollen, mit Schwelle rd. 35 m unter dem Normalstau auf Kote 1462,47, ist ebenfalls als Grundablass ausgebildet. Vor dessen Ueberführung über die Etsch, etwa 1 km talabwärts des Dammes, kann eine Entlastung in den Flusslauf erfolgen.

Der Druckstollen steht beim Wasserschloss unter einem maximalen Druck von 65 m Wassersäule. Es wurde deshalb grosser Wert auf das satte Anliegen der inneren armierten Betonröhre an die Betonauskleidung des Stollens gelegt sowie auf das einwandfreie Anbetonieren derselben an das Gestein. Durch Niederdruckinjektionen mit 5 ÷ 6 kg/cm<sup>2</sup> und Hochdruckinjektionen mit 25 kg/cm<sup>2</sup> Druck ist dies erreicht worden. Konzentrierte Wassereintritte wurden mit Rückstauventilen versehen. In nassen Strecken ist der 20 mm starke, mit der Kelle geglättete Verputz mit Sika gedichtet worden.

Bemerkenswert ist die Einführung des Rio Saldura, der 10 m<sup>3</sup>/s beibringt, in die obere der beiden Wasserschlosskammern. Bei tiefem Seespiegel muss das zufließende Wasser den unter 45° geneigten Steigschacht hinabschiessen, wobei es sich mit Luft anreichert. Etwa 12 verschiedene Lösungen wurden am Modell überprüft, um diese Luftaufnahme zu verhindern. Die ausgeführten neun gelochten senkrechten Querwände in armiertem Beton, die bis auf halbe Höhe des Schachtquerschnittes reichen, sollen im Betrieb befriedigen.

Die Druckleitung von 2,5 bis 2,0 m Durchmesser und 992 m Länge ist in einem hufeisenförmigen Rohrstollen von 80% Neigung verlegt. Das durchgefahrene Gestein war stark

wasserführend und gestattete die Anlage eines Druckschachtes nicht. Seitlich ist ein Schrägaufzug für Revisionszwecke und eine Treppe angeordnet. Die 6 m langen Rohrschüsse wurden mittels einer schweren Montageseilbahn antransportiert, die mit fortschreitendem Einbau der Rohre abgebrochen wurde. Die untersten 224 m der Druckleitung sind mit warm aufgezogenen Stahlringen verstärkt, während alle Muffen mit Kautschukringen, Hanf und gestemtem Blei gedichtet sind. Jedes Rohr wird durch eine betonierte Querwand gehalten, die den ganzen Stollenquerschnitt, mit Ausnahme des Schrägaufzuges, ausfüllt.

Die Kavernenzentrale musste, um allzu schlechtem Gestein auszuweichen, etwa hundert Meter nach aussen verschoben werden. Trotzdem neigten die Seitenwände der Kaverne zu Bewegungen, die mit starken armierten Bindern über dem Blindgewölbe abgefangen worden sind.

Die Stromschienen zur Ableitung der Energie nach den beim Eingangportal aufgestellten Transformatoren werden in der Kalotte des Zugangstollens bis über Tag geführt.

Ein Einlaufbauwerk zum Ausgleichbecken an der Etsch gestattet, je nach Bedarf, das Becken zu füllen oder das Wasser unter Umgehung desselben über den Rio Puni direkt in die Etsch zu leiten.

#### Literaturnachweis:

- [16] G. A. Töndury: Kraftwerkbauten in Norditalien. «Schweiz. Bauzeitung» 1950, S. 121/184.
- [17] C. Semenza: Die Staumauern der Società Adriatica di Elettrica in Venetien. «Schweiz. Bauzeitung» 1951, S. 16/40.
- [18] SADE: L'impianto idroelettrico del Lumiei. Zwölf Abhandlungen über Projekt und Ausführung dieser Anlage von verschiedenen Mitarbeitern der Gesellschaft. «L'Energia Elettrica» 1948, S. 406 ff.
- [19] C. Semenza und G. Torno: Le barrage de Pieve di Cadore. «Trauvaux» 1951, S. 487/525.
- [20] M. Mainardis: Centrale Achille Gaggia-Soverzene. «L'Energia Elettrica» 1954, S. 1/33.
- [21] C. Semenza: Impianto idroelettrico Piave-Boite-Maè-Vajont. «L'Energia Elettrica» 1955, S. 97/137.
- [22] J. Calame: L'aménagement hydro-électrique du Moyen-Adige dans la province de Verone. «Bulletin Technique de la Suisse Romande» 1948, S. 221/226.
- [23] D. Finzi: L'impianto idroelettrico di Ala. Criteri di progettazione e di costruzione. «Costruzione», Milano, 1952, Marzo-Aprile, 10 Seiten.
- [24] SEA: L'impianto idroelettrico di Ala. «L'Energia Elettrica» 1953, S. 763/775.
- [25] Dufour: Die Wasserfassung «Funes» des Kraftwerkes Waidbruck (Ponte Gardena) am Eisack (Isarco), Südtirol. «Schweiz. Bauzeitung» 1945, Bd. 126, S. 13/16.
- [26] Red.: Un nuovo impianto idroelettrico nell'Alto Adige (Bressanone). «L'Energia Elettrica» 1941, S. 192/199.
- [27] C. Pramaggiore: L'elettrodotta a 220 kV Sluderno-Cesano Maderno. «L'Elettrotecnica» 1949, S. 405 ff.
- [28] D. Finzi: Gli impianti dei laghi di Resia ed alcuni nuovi orientamenti costruttivi «L'Elettrotecnica» 1950, S. 166/181.
- [29] G. Oberti: La condotta forzata di Castelbello. Criteri di progetto e ricerche sperimentali. «L'Energia Elettrica» 1953, S. 269/281.

Der Schluss dieser Aufsatzreihe erscheint im Spätherbst.

Adresse des Verfassers: Ing. W. Gut, Mühlebachstr. 125, Zürich 8.