

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 45 (1953)
Heft: 4-6

Artikel: Die Maggiakraftwerke
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-921642>

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: 04.02.2026

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

Die Maggiakraftwerke

Mitgeteilt von der Maggia-Kraftwerke AG, Locarno

DK 621.29 (494.5)

Vorgeschichte und Bauprogramm

Im Herbst 1948 hat der Staatsrat des Kantons Tessin Ing. Dr. A. Kaech in Bern beauftragt, die Wasserkräfte des Maggiatales zu untersuchen und ein Projekt für deren Ausbau aufzustellen, falls sich damit eine große Energiemenge zu einem wirtschaftlich tragbaren Preis erreichen lässt, d. h. also zu Bedingungen, unter welchen die Energie auch für die allgemeine Landesversorgung der Schweiz Verwendung finden kann. Das Projekt lag auf Jahresende 1948 vor, und es wurde alsbald ein Studienkonsortium gegründet, welches am 17. Februar 1949 beim Kanton Tessin das Gesuch einreichte um Erteilung der Konzession für die Ausnützung der Maggia und ihrer Zuflüsse bis zum Langensee. Am 10. März 1949 hat der Große Rat des Kantons Tessin die Konzession für die Dauer von 80 Jahren erteilt.

Das Aktienkapital der Gesellschaft beträgt gegenwärtig 60 Mio Fr., es sind daran beteiligt:

der Kanton Tessin	mit 20 %
die Nordostschweizerischen Kraftwerke AG,	
Baden	mit 30 %
die Aare-Tessin AG für Elektrizität, Olten	mit 12½ %
der Kanton Basel-Stadt	mit 12½ %
die Stadt Zürich	mit 10 %

die Bernischen Kraftwerke AG/Beteiligungs-

gesellschaft, Bern mit 10 %
die Stadt Bern mit 5 %

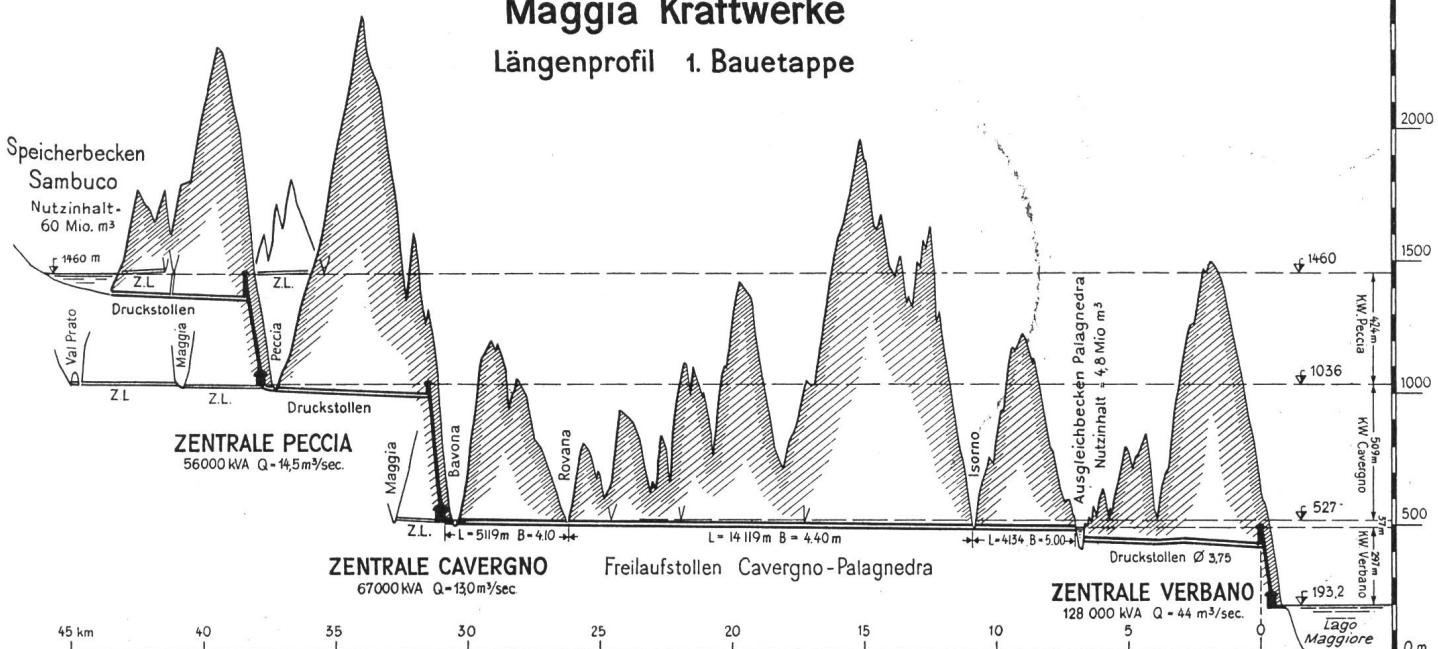
Jeder Aktionär ist verpflichtet, den seiner Beteiligung am Aktienkapital entsprechenden Anteil der Jahreskosten der Gesellschaft zu bezahlen. Er hat anderseits das Recht, im gleichen Verhältnis die anfallende Energie zu beziehen.

Die Jahreskosten umfassen die Aufwendungen für die Verwaltung, den Betrieb und den Unterhalt; ferner die Wasserzinsen, Steuern und Abgaben, die Obligationenzinsen und die üblichen Abschreibungen und Rückstellungen sowie die Zuweisungen an die gesetzliche Reserve.

Das der Konzession zugrunde liegende Projekt (Abb. 1) sieht die Erstellung folgender Anlagen vor:

- I. Bauetappe: Speicherbecken Sambuco. Kraftwerke Peccia, Cavergno und Verbanio;
- II. Bauetappe: Speicherbecken Naret, Cavagnoli und Robiei. Kraftwerke Robiei, Bavona und Erweiterung des Kraftwerks Cavergno;
- III. Bauetappe: Speicherbecken Laghi della Crosa und Zöt. Speicherwerk Zöt und Laufwerk Cevio.

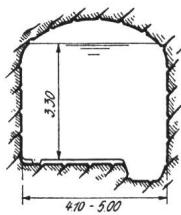
Maggia Kraftwerke Längenprofil 1. Bauetappe



Zulaufstollen
(Z.L.)



Freilaufstollen



Druckstollen

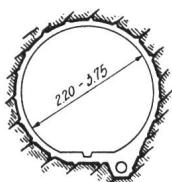


Abb. 2

Das Projekt für die erste Bauetappe wurde vom Ingenieurbüro Dr. Kaech im Juli 1949 vorgelegt. Am 10. Dezember 1949 wurde die Maggia Kraftwerke AG gegründet. Schon vorher waren mit den Bauvorbereitungen begonnen worden. Im Maggiatal und im Centovalli wurden Straßen und Wege verbessert. In Bignasco wurde eine neue Brücke über die Bavona erstellt, und einige weitere Straßenbrücken wurden verstärkt. Ferner wurde mit dem Bau von Luftseilbahnen zu abgelegenen Baustellen begonnen. Schließlich wurden auch die Maschinen und Transformatoren für die Zentrale Verbano in Auftrag gegeben. Zufolge dieser Vorbereitungen konnte die Maggia Kraftwerke AG, alsbald nach ihrer Gründung, mit den Submissionen der großen Bauobjekte für das Kraftwerk Verbano beginnen. Mit den Stollen für die Wasserüberleitung von Cavergno nach Palagnedra und weiter nach Verbano konnte anfangs Juni 1950 begonnen werden, und kurz darauf auch mit dem Bau der Staumauer Palagnedra und dem Bau der Kaverne für die Zentrale Verbano.

Im Bauprogramm der ersten Etappe¹ war vorgesehen, die Zentrale Verbano samt Zuleitung des Wassers der Melezza und des Isorno auf anfangs 1953 soweit fertig

¹ Lageplan siehe beigehaltete Übersichtskarte; Längenprofil siehe Abb. 2.

zu stellen, um mit der Energieabgabe am 1. April 1953 beginnen zu können. Zufolge der sowohl im Projekt als auch bei der Bauausführung getroffenen Maßnahmen war es möglich, den vorgesehenen Termin einzuhalten. Die Energieabgabe hat am 27. März 1953 begonnen und bis Ende April hat diese bereits 18 315 000 kWh erreicht.

Die Fertigstellung des Kraftwerks Verbano mit den weiteren Wasserzuleitungen (Maggia mit Fassung bei Brontallo, Bavona mit Fassung bei Cavergno und Rovana mit Fassung bei Linescio) wird auf den Herbst 1953 erfolgen.

Gleichzeitig mit den Bauarbeiten für das Kraftwerk Verbano wurden auch die Baupläne für die Staumauer Sambuco und die Kraftwerke Peccia und Cavergno vorangebracht. An den Bau dieser Werke konnte im Juli 1952 geschritten werden.

Mit den Installationen für die Staumauer Sambuco wurde im Juli 1951 begonnen. Bis Ende April 1953 waren die Anlagen für die Unterkunft und Verpflegung sowie für die Aufbereitung des Kies- und Sandmaterials und der Betonierung fertiggestellt (Abb. 3 bis 6). Es waren auch bereits rund 130 000 m³ Kies und Sand auf Lager gelegt. Ferner war die Luftkabelbahn für den Zementtransport von der SBB-Station Rodi-Fiesso zur Betonierungsanlage Sambuco in Betrieb (Abb. 7). Ende

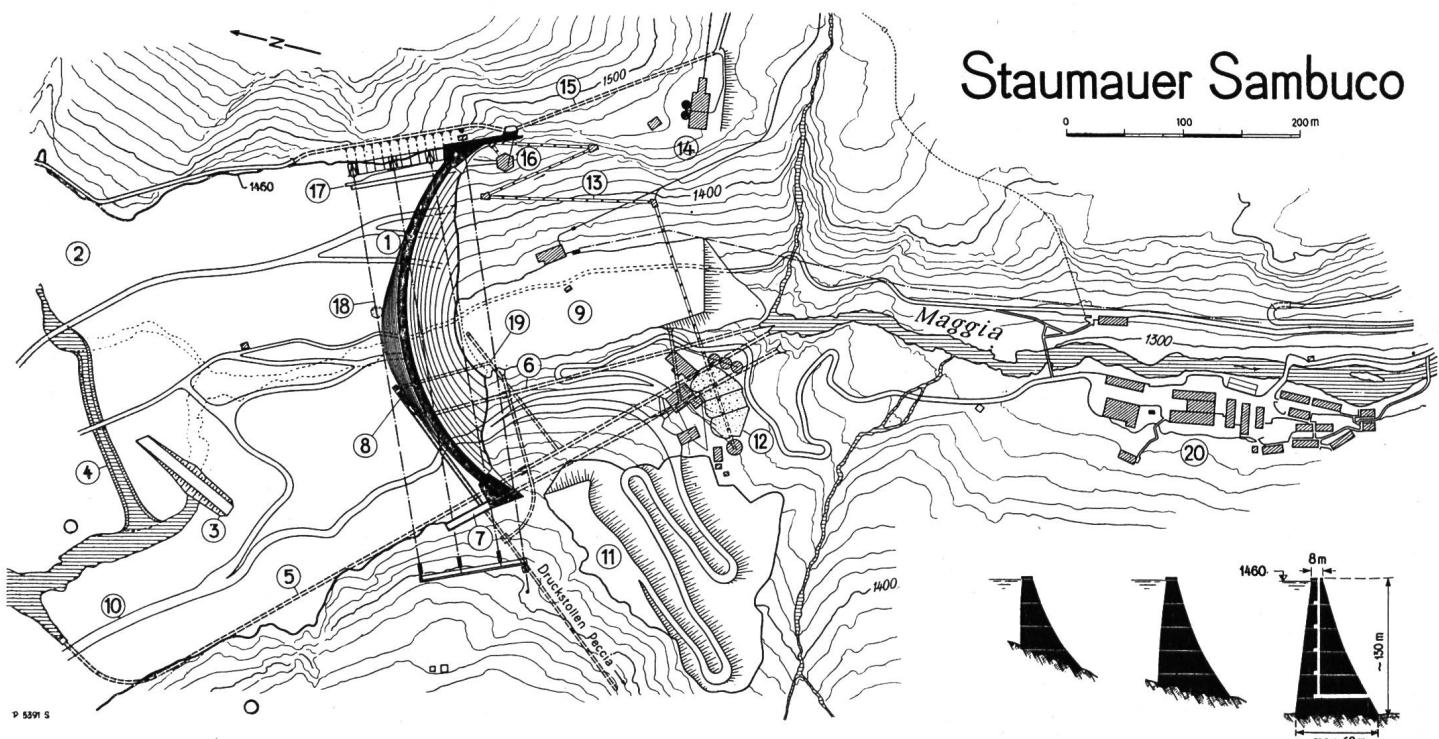


Abb. 3 Lageplan. Legende:

- | | | |
|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| 1. Staumauer | 8. Einlauf zum Druckstollen Peccia | 14. Seilbahnstation mit Zementsilos |
| 2. Speicherbecken | 9. Deponie für Aushubmaterial und Sandüberschuss | 15. Straßenstollen und Zementleitung |
| 3. Fangdamm | 10. Zufahrtsstraße zum Baggerfeld | 16. Betonturm |
| 4. Bachumleitung | 11. Deponie für Kies-Sand | 17. Betonaufgabe |
| 5. Umlaufstollen (Grundablaß I) | 12. Aufbereitungsanlage | 18. Fahrbare Kabelkrane |
| 6. Grundablaß II | 13. Transportbänder für Kies und Sand | 19. Fahrzeughalle |
| 7. Überlauf der Hochwasserentlastung | | 20. Barackendorf |



Abb. 4 Sperrstelle Sambuco beim Sprengen, talauswärts gesehen gegen Pizzo di Ruscada

April 1953 waren auch die Fundamente auf der ganzen Grundfläche der Staumauer ausgesprengt, und am 4. Mai konnte mit der Betonierung der Mauer begonnen werden (Abb. 8 und 9).

Die Installationen der Staumauer sind für eine Tagesleistung von 2000 m³ Beton bemessen. Je nach den Wetterverhältnissen kann während etwa 6 bis 7 Monaten jährlich betoniert werden. Im Bauprogramm ist die Beendigung des Rohbaus der Sperre auf Ende 1956 und die Fertigstellung auf den Sommer 1957 vorgesehen (Abb. 10). Es kann aber schon auf das Spätjahr 1955 eine beschränkte Wassermenge aufgespeichert werden. Es ist deshalb vorgesehen, die Kraftwerke Peccia und Cavergno auf diesen Zeitpunkt soweit fertigzustellen, daß auch diese Werke mit der Energieproduktion beginnen können.

Für den Weiterausbau sind in der Konzession ebenfalls Termine festgelegt. Die Bauetappe II soll nach Fertigstellung der ersten Bauetappe in Angriff genommen werden.

Es ist klar, daß die Durchführung eines so kurzfristigen Programms für dieses gewaltige Bauvorhaben nur möglich ist bei Anwendung modernster Baumethoden mit

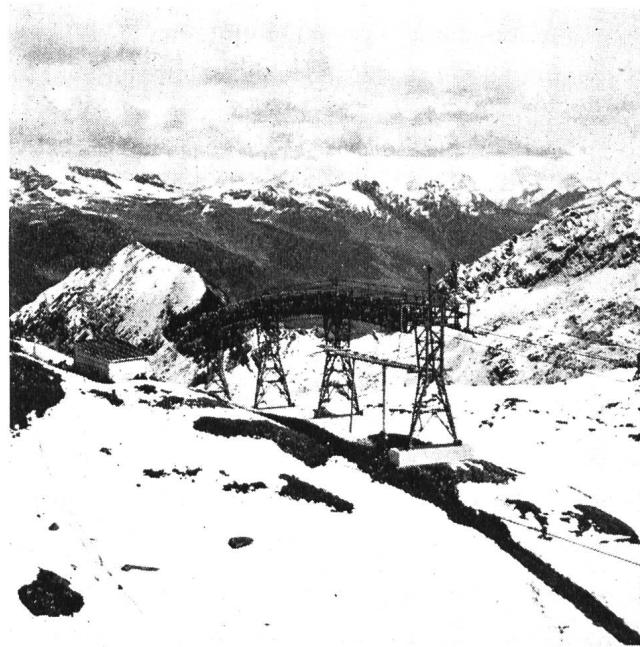


Abb. 7 Transportseilbahn von Rodi-Fiesso nach der Sperrstelle Sambuco; Blick gegen die Valle Leventina



Abb. 5 Installationen für die Staumauer Sambuco, Bauzustand April 1953. Blick gegen Passo di Naret

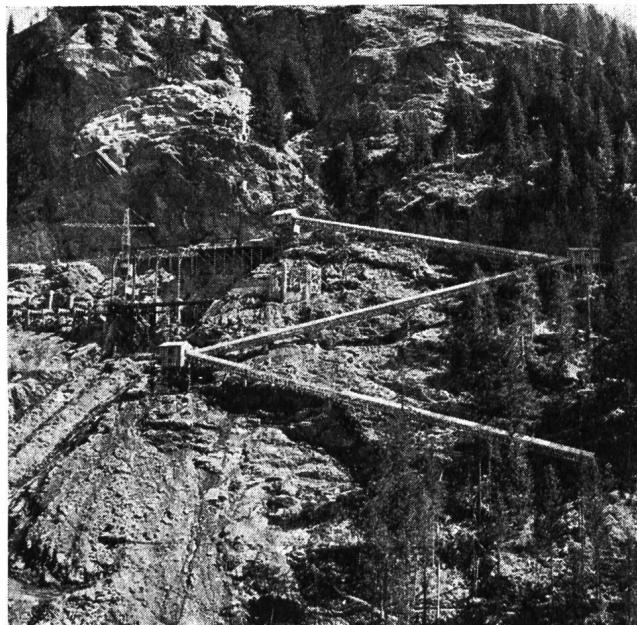


Abb. 6 Sperrstelle Sambuco, Transportband an der linken Talflanke

Mechanisierung aller Baubetriebe. Insonderheit trifft dies zu für die großen unterirdischen Aushübe für die Stollen, Schächte und Kavernen. Deren Kubatur beträgt bei der ersten Bauetappe insgesamt 1 030 000 m³, wovon 60 % beim Kraftwerk Verbano. Zusammen beträgt die Länge aller Stollen und Schächte der ersten Bauetappe rund 70 km. Bis heute wurden nahezu 40 km im Vollausbruch durchfahren und dabei auch Gebirgsteile mit gebrächem und brüchigem Gestein und starkem Wasserandrang. Diese Erschwernisse waren aber auf verhältnismäßig kurze Strecken beschränkt. Weder mit der Projektierung noch mit der Bauausführung konnte ihnen ausgewichen werden. Sie konnten aber durch zum vornherein vorgesehene besondere Bauweisen so rasch überwunden werden, daß sie keine Störung des allgemeinen Bauprogramms nach sich gezogen haben. Die nun noch auszuführenden Stollen der Kraftwerke Peccia und Cavergno haben kleinere Ausmaße und ihre geologischen Verhältnisse sind so gut, wie bei den besten Gebirgsstrecken des Kraftwerks Verbano. Es darf also zuversichtlich damit gerechnet werden, daß auch die noch auszuführenden weiteren Bauten der 1. Bauetappe innert der vorgesehenen Frist bewältigt werden können. A. K.

Beschreibung der Anlagen

Bauprojekt der ersten Bauetappe

In der ersten Bauetappe werden das Speicherbecken *Sambuco* und die drei Kraftwerke *Peccia*, *Cavergno* und *Verbano* erstellt, welche technisch und wirtschaftlich eine einheitliche Anlage bilden.

Das Maggiatal gehört zu den niederschlagsreichsten Gebieten der Schweiz und zeichnet sich daher durch große Abflußwerte aus. Im Mittel der Jahre beträgt die Niederschlagshöhe des ganzen Gebietes etwa 2 m. Zur Erreichung einer dem Energiebedarf unseres Landes angepaßten Anlage müssen die großen Sommerwassermengen bei der Schneeschmelze in den Hochregionen in genügend großen Becken gespeichert und mit der relativ großen Wasserführung im Unterlauf der Maggia kombiniert werden.

Bekannt sind die außerordentlich heftigen Hochwasser der Maggia; sie können bei der Mündung etwa den vierzigfachen Wert des Mittels, d.h. über $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ erreichen. Das Projekt ist den besondern Hochwasserverhältnissen durch die Art der Wasserfassungen und der Speicheranlagen, sowie durch die allgemeine Trassierung sorgfältig angepaßt worden.



Abb. 8 (oben) Erste Betonblöcke und Fundament linke Flanke

Abb. 9 (links) Erste Betonierung 5. Mai 1953

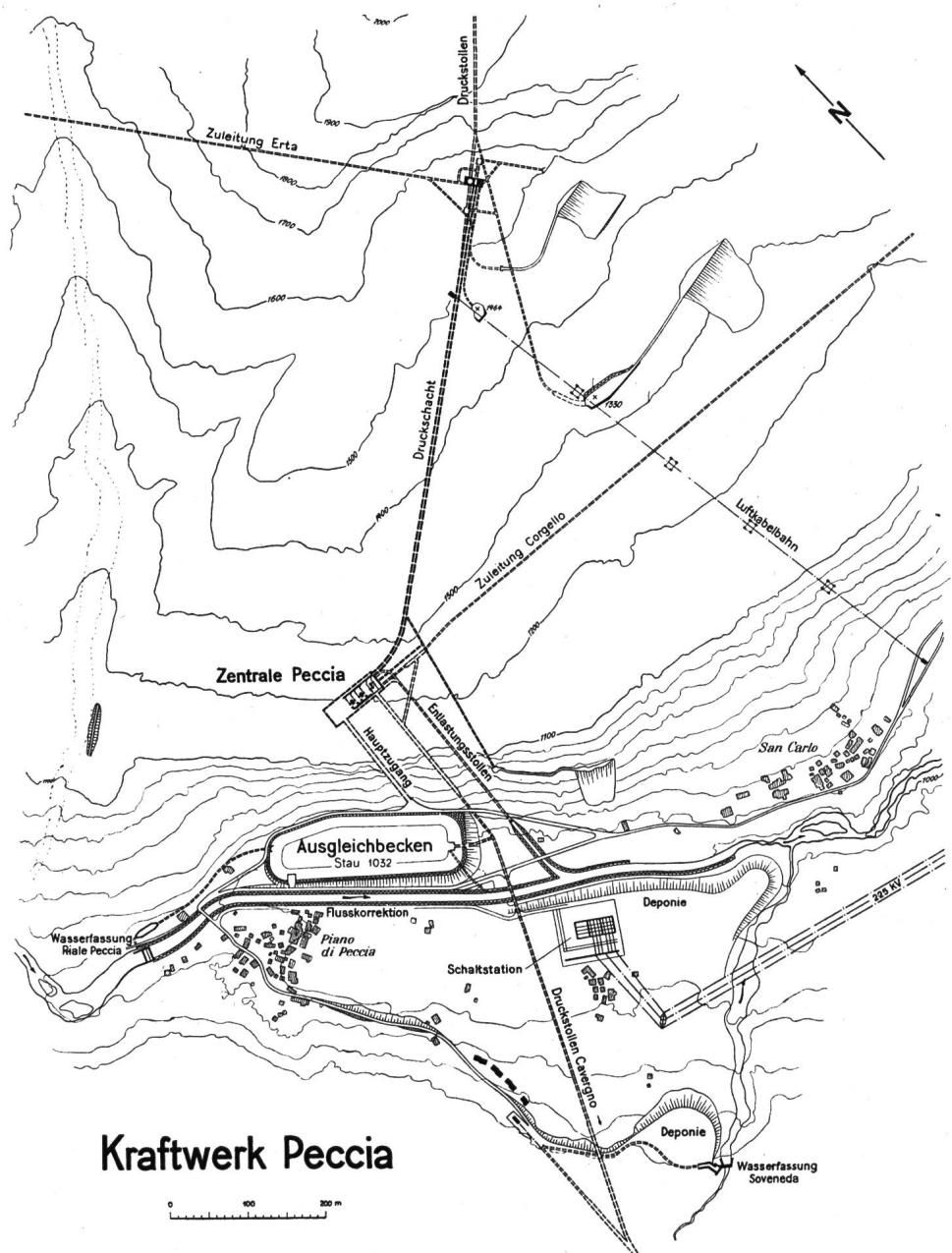
Die Energieproduktion der Anlagen der ersten Bauetappe wird im Mittel der Jahre rund 800 Mio kWh betragen, davon fallen etwa 45 % auf das Winterhalbjahr. Im Vollausbau kann die jährliche Energieproduktion auf etwa 1,1 Mrd kWh gesteigert werden, wovon im Winter etwa 70 % zur Verfügung stehen werden.

Die geologischen Verhältnisse des Maggiatales zeichnen sich durch große Regelmäßigkeit und vorzügliche Eignung zum Stollenbau aus. Diese günstigen geologischen Gegebenheiten sind von besonderer Bedeutung, weil in der ersten Bauetappe rund 70 km auszuführen sind. Das Projektgebiet befindet sich zum weitaus größ-





Abb. 10
Zukünftiger Stausee Sambuco



ten Teil innerhalb der Tessiner Gneismassen. Neben alten Gneisen spielen jüngere metamorphe Sedimentgesteine als tektonische Trennungslagen zwischen den großen Gneislappen innerhalb des engen Projektbereiches nur eine sehr untergeordnete Rolle. Die baulich oft heiklen Triasgesteine finden sich im interessierenden Abschnitt nur in Form von Marmoren. Durch entsprechende Trasseführung wurde eine tunlichst günstige Anpassung an die geologischen Bedingungen erreicht. Nur wenige Stellen bei der Placierung von Objekten oder Trassierung von Stollen verlangten eine Anpassung an besondere geologische Verhältnisse oder ein Ausweichen vor geologischen Erschwernissen; auf diese hat das Pro-

jekt sorgfältig Rücksicht genommen. Die durch die gleichmäßig günstige geologische Konstitution gewährleistete Freizügigkeit in der technischen Projektierung hat viel dazu beigetragen, daß das Maggia-Projekt in kurzer Zeit abgeklärt werden konnte.

Die erste Bauetappe mit einem Einzugsgebiet von 713 km² umfaßt folgende Hauptobjekte:

Im oberen Val Lavizzara, nur 1,5 km oberhalb des höchstgelegenen Dorfes Fusio, wird durch eine Talsperre ein Speicherbecken von 62 Mio m³ Inhalt auf der Sambucaalp erstellt. Als Sperrentypus ist eine Bogen gewichtsmauer vorgesehen mit einer Betonkubatur von 750 000 m³. Die Sperrre erhält eine größte Höhe von

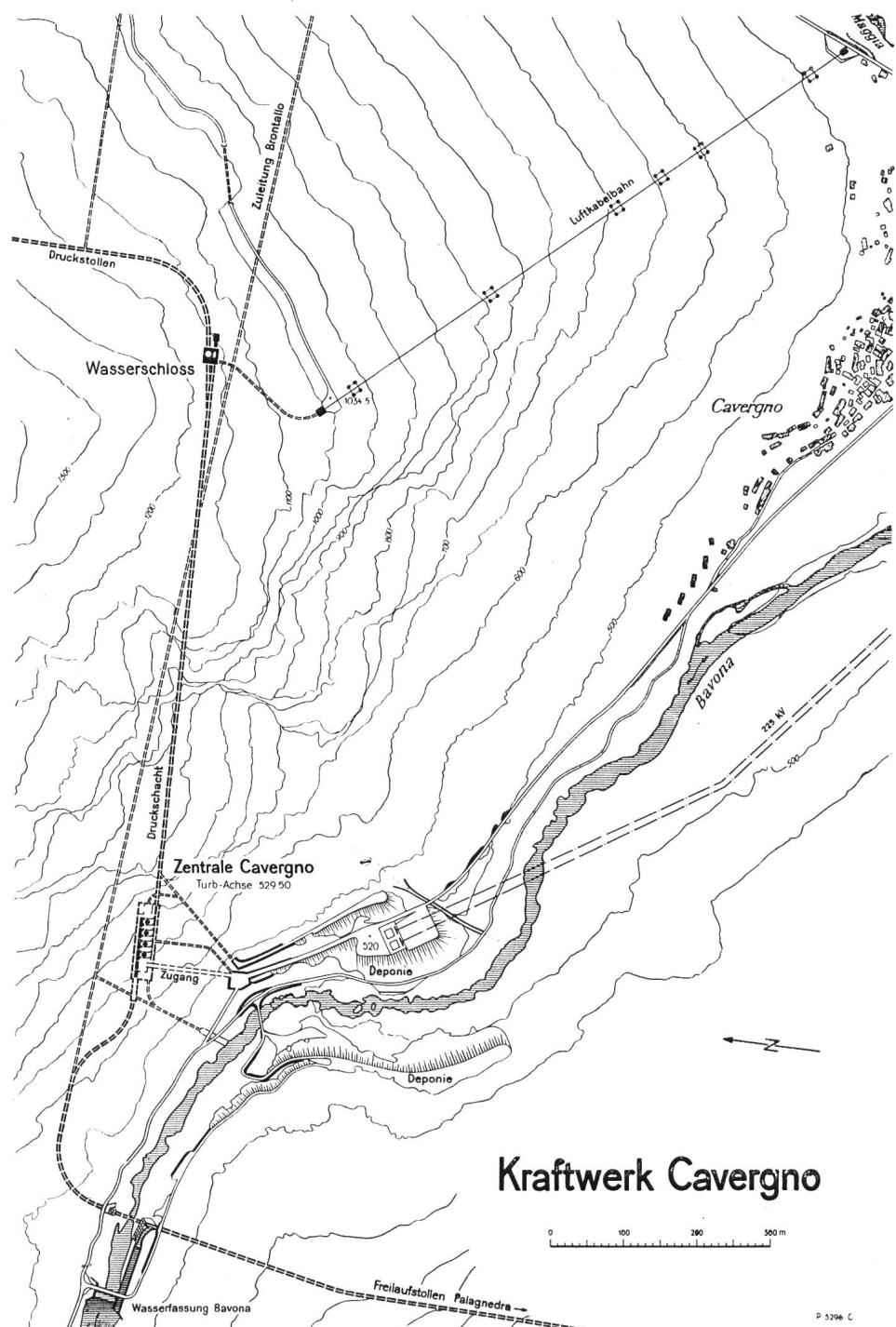
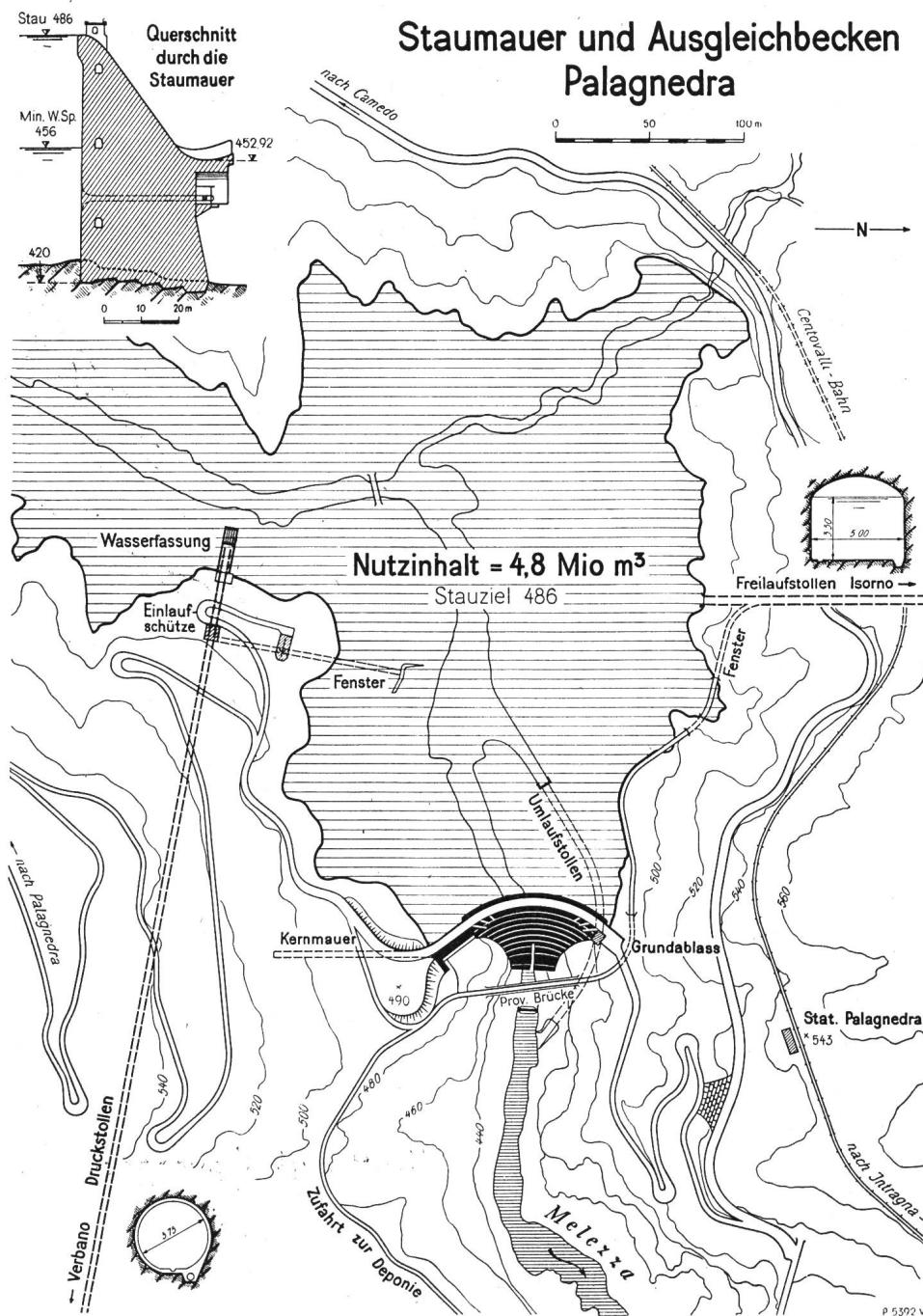


Abb. 12 Lageplan

130 m und eine Kronenlänge von 340 m. Beim Höchststau auf Kote 1460 m ü. M. beträgt die Seeoberfläche rund 1,1 km². Im Staubecken werden die Abflüsse eines Einzugsgebietes von 62,3 km² gespeichert.

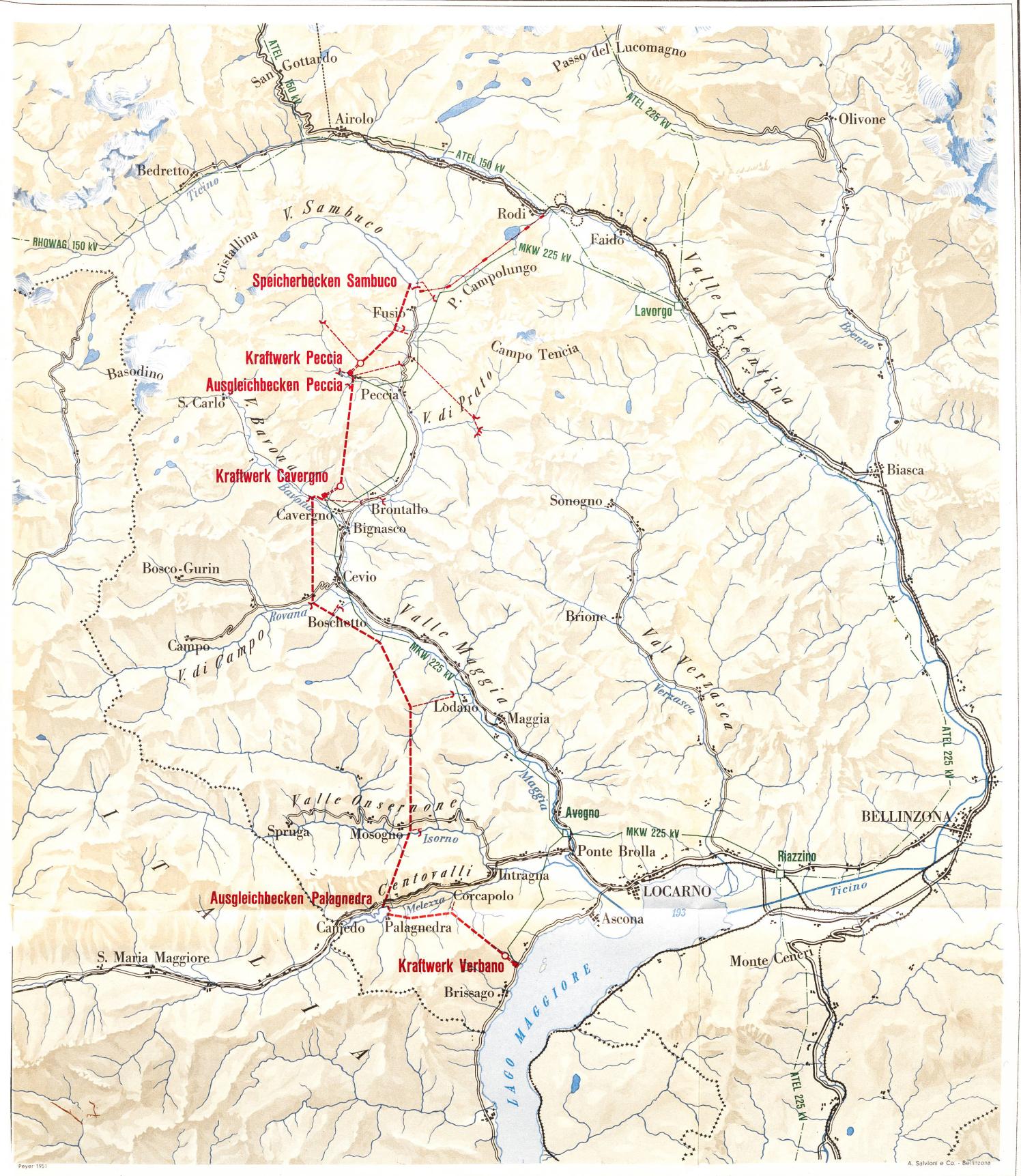
Vom Staubecken von Sambuco gelangt das Nutzwasser durch einen 5,3 km langen Druckstollen von 2,2 m Durchmesser und einem 790 m langen Druckschacht von 1,80 m Durchmesser zur obersten Zentrale im Val Pecchia, einem von rechts einmündenden Seitental (Abb. 11). Diese Zentrale wird ausgerüstet mit zwei horizontalachsigen Zwillings-Peltonturbinen zu je 23 500 kW bei einem mittleren Schluckvermögen von je 7,25 m³/s und einem mittleren Nutzgefälle von 375 m. Zwei Dreiphasen-Generatoren zu je 28 000 kVA geben Energie auf

eine Dreiphasen-Transformatorengruppe von 56 000 kVA Leistung, mit welcher die Energie von Maschinenspannung zu 12 kV auf die Übertragungsspannung von 225 kV transformiert wird. Zwei Pumpengruppen von je 11 000 kW Motorenleistung bei einer Fördermenge von 2,25 m³/s und 400 m manometrischer Förderhöhe dienen zum Hochpumpen von Wasser aus dem der Zentrale vorgelagerten Ausgleichsbecken in das Speicherbecken Sambuco. Mit diesen Pumpen kann ein sogenannter «Umwälzbetrieb» ermöglicht werden, d. h. es kann mit Überschussenergie die Pumpenanlage zur Förderung von Wasserreserven in das Sambucobcken betrieben werden, welches Wasser für die Nutzung bei erhöhtem Bedarf zur Verfügung stehen wird.



MAGGIA KRAFTWERKE

1. Bauetappe: Sambuco - Peccia - Cavergno - Verbano



— Hauptstollen
— Nebenstollen, Fenster
— Druckschacht
— Luftseilbahn
— Hochspannungsleitungen

1:200.000

0 2 4 6 8 km 10

— Wasserfassung
— Staumauer
○ Wasserschloss
■ Zentrale
□ Schaltstation

Im Ausgleichbecken Piano di Peccia werden die Zuflüsse eines 68 km^2 großen Zwischengebietes der Maggia und der Bäche aus dem Val Prato, dem Val Peccia und der Alpe Soveneda gesammelt. Der Nutzinhalt dieses Beckens beträgt $115\,000 \text{ m}^3$.

Durch einen Druckstollen von 6,8 km Länge und 3,0 m Durchmesser und durch einen 865 m langen Druckschacht von 2,5 m Durchmesser wird das Nutzwasser zur mittleren Zentrale Cavergno weitergeführt (Abb. 12). Diese Zentrale wird ausgerüstet mit zwei horizontalachsigen Zwillings-Peltonturbinen zu je 27 500 kW bei einem mittleren Schluckvermögen von $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$ und 490 m mittlerem Nutzgefälle. Die Turbinen drehen zwei Dreiphasengeneratoren zu je 33 500 kVA Leistung. Die Energie wird durch eine Dreiphasen-Transformatorengruppe zu 67 000 kVA von Generatorenspannung 12 kV auf Übertragungsspannung 225 kV transformiert. Im späteren Ausbau lässt sich die Leistung dieser Anlage verdoppeln, indem auch die ausnützbaren Zuflüsse des Weststranges aus dem Val Bavona verarbeitet werden.

Zwischen der Zentrale Cavergno und dem Langensee lässt sich ein weiteres Einzugsgebiet von 582 km^2 anschließen; dabei beträgt das Gefälle bis zum Langensee rund 300 m.

Durch einen 24 km langen Freilaufstollen gelangt das Wasser von Cavergno mit den Zuflüssen aus dem Zwischengebiet in das Ausgleichbecken Palagnedra im Centovalli (Abb. 13 bis 15). Durch eine 70 m hohe Talsperre wird dort die enge Schlucht der Melezza abgeschlossen und damit ein Speicher von $4,8 \text{ Mio m}^3$ Nutzinhalt erstellt. Die Kubatur der Staumauer, einschließlich der am rechten Ufer zum Abschluß einer moränegefüllten Talrinne erstellten Kernmauer beträgt $66\,000 \text{ m}^3$. Von Palagnedra wird das Wasser durch einen 7,5 km langen Druckstollen von 3,75 m Durchmesser und einen Druckschacht von 575 m Länge und 3,0 bis 2,85 m Durchmesser der Zentrale Verbano zugeleitet. Die Zentrale wurde unterirdisch zwischen Porto Ronco und Brissago im steilen rechten Berghang des Langensees erstellt (Abb. 16 bis 18).

Die Zentrale Verbano wird ausgerüstet mit vier vertikalachsigen Francis-Turbinen zu je 25 150 kW bei einem mittleren Schluckvermögen von $11 \text{ m}^3/\text{s}$ und einem mittleren Nutzgefälle von 265 m. Vier Dreiphasen-Generatoren zu je 32 000 kVA geben Energie auf zwei Dreiphasen-Transformatorengruppen zu 64 000 kVA, mit welchen eine Auftransformierung 12/225 kV erreicht wird.

Die Energie wird aus den Zentralen mit 225 kV-Über-

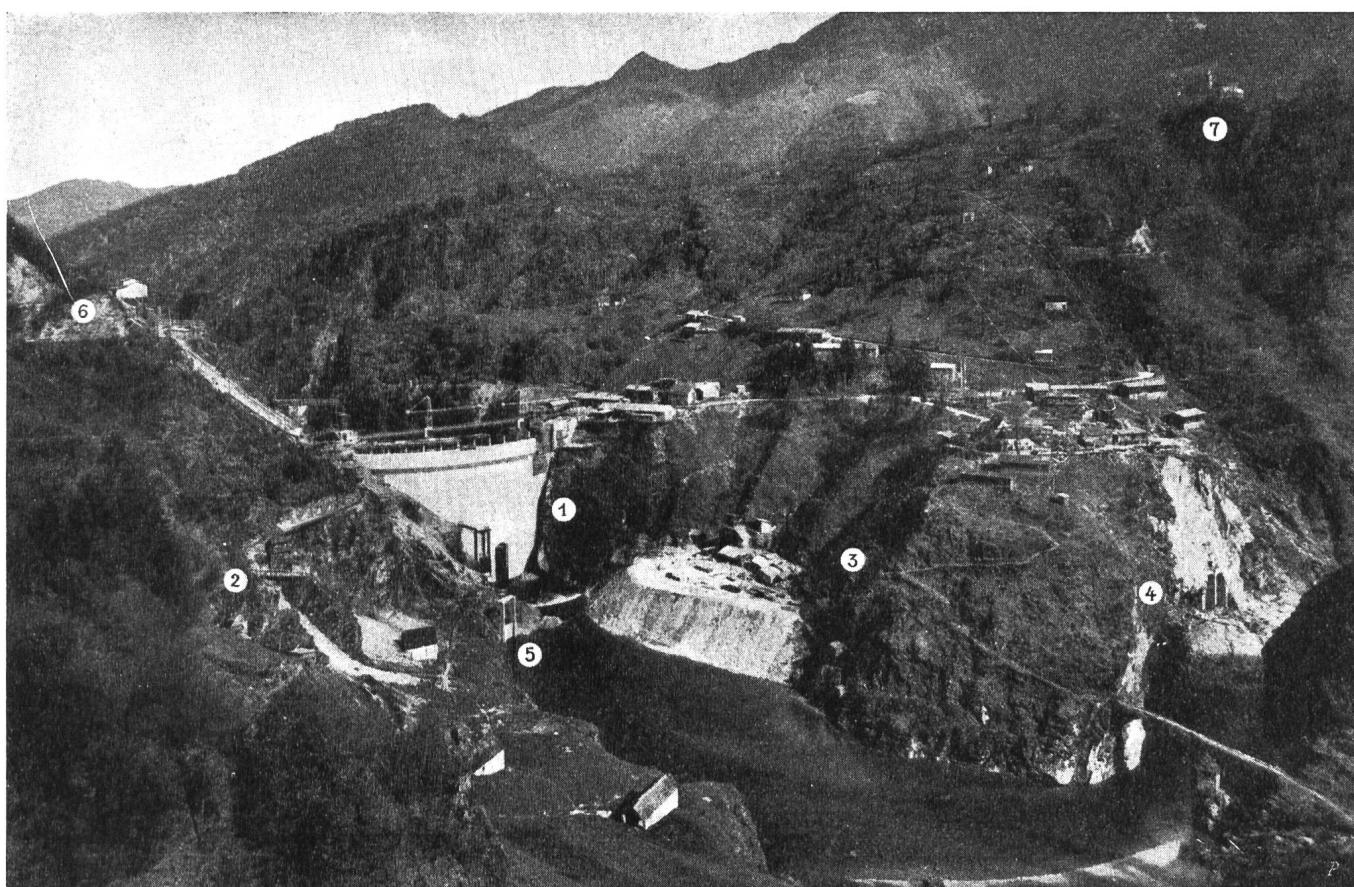


Abb. 14 Ausgleichbecken Palagnedra von oben gesehen, Bauzustand 28. April 1952. Legende: 1 Staumauer, 2 Einmündung Freilaufstollen, 3 Baustelle Druckstollen, 4 Wasserfassung Druckstollen und Grundablaß, 5 Umlaufstollen und Grundablaß, 6 Centovallibahn-Station Palagnedra, 7 Kirche von Palagnedra

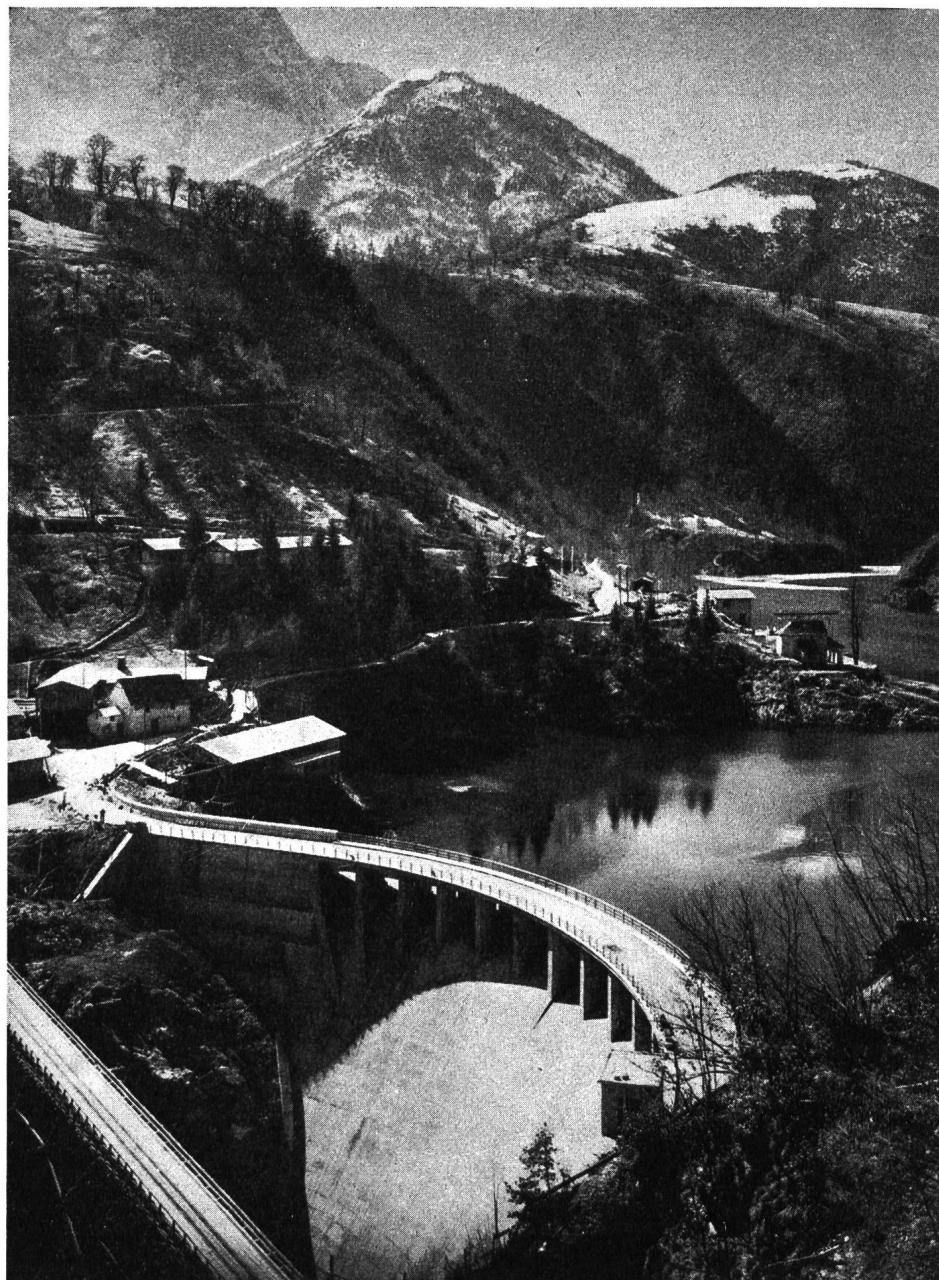


Abb. 15
Staumauer und Ausgleichsbecken
Palagnedra, Bauzustand Februar 1953

tragungsspannung einerseits von Verbano nach Riazzino und anderseits von Cavergno-Peccia über den Campolungopass nach Lavorgo geleitet. Eine 225-kV-Leitung Cavergno—Avegno verbindet die Werkgruppe unter sich. Der Weitertransport nach der Nordschweiz über die bestehenden Hochspannungs-Alpenleitungen der ATEL via Gotthard und Lukmanier ist Sache der Aktiönnäre (Abb. 19).

Bauausführung

Die Bauarbeiten für die erste Bauetappe Sambuco—Peccia—Cavergno—Lavorgo sind aufgeteilt in 30 Hauptlose und eine Anzahl kleinerer Lose. Die Hauptarbeiten des Kraftwerks Verbano wurden im Laufe des Jahres 1950 begonnen. Im Juli 1951 kam die Talsperre Sambuco in Bau und im Jahre 1952 gelangten neben den

restlichen Bauobjekten des Kraftwerks Verbano die ersten Hauptlose der Kraftwerke Cavergno und Peccia zur Vergabe.

Bei der *Staumauer Sambuco* wurde im Sommer 1951 mit den Installationen begonnen, welche Ende Bausaison 1952 nahezu betriebsbereit waren (Abb. 3 bis 6). Die Unterkunftseinrichtungen sind ausgebaut für eine Belegschaft von 700 Mann. Für die Freilegung des Mauerfundamentes wurden etwa 230 000 m³ Schutt- und Felsmaterial ausgehoben. Der Kiessand für den Beton der Talsperre wird durch Baggerung im Bereich des zu überstauenden Talbodens von Sambuco gewonnen. Das gebaggerte Material wird teilweise auf ein Depot unterhalb des rechten Sperrenwiderlagers gebracht und ein Teil gelangt während der Betonierzeit direkt in die Wasch- und Sortieranlage. Die Anlage eines Kiessand-

depots ist bedingt durch den Beginn des Aufstaus im Sommer 1955, währenddem die letzten Betonarbeiten im Sommer 1956 auszuführen sind. Der sortierte Kiessand gelangt aus Silos mittels Förderbändern zur Misch- und Dosieranlage auf dem linken Talhang. Der zum Bau der Talsperre benötigte Zement wird in Großbehälterwagen von 26 t Nutzlast von den Zementfabriken zur Station Rodi-Fiesso geführt, von wo er pneumatisch in 2 Silos zu je 600 t Nutzinhalt gefördert wird. Der Transport des Zementes ab Silos Rodi nach der Baustelle Sambuco geschieht mit einer nahezu 8 km langen Luftseilbahn über den Campolungopass (Abb. 7). Damit wird der normale Transportweg über Bellinzona—Locarno—Bignasco wesentlich verkürzt und vereinfacht. Die Seilbahn ist ausgebaut für eine Stundenleistung von 40 t; der Zement wird aus den Silos Rodi in Kübel von 750 kg Nutzlast abgefüllt, welche nach dem System der Sesselbahnen mit der Seilbahn gekuppelt und transportiert werden. In Sambuco wird der Zement ab Transportkübel pneumatisch entweder in zwei große Silos von je 1000 t oder direkt zum Betonturm gefördert. Die Dosier- und Mischanlage Sambuco ist eine automatische Johnson-Anlage, in welcher das Betongemisch durch Wiegen der Komponenten zusammengestellt wird. Der Beton wird in drei Kippmischern zu je 3 m³ Inhalt hergestellt. Für das Einbringen des Betons werden drei beidseitig fahr-

bare Kabelkrane von je 10 t Tragkraft dienen, die je einen Kübel von 3,6 m³ Betoninhalt an die gewünschte Verwendungsstelle bringen. Der Beton wird auf einer Geleiseanlage vom Mischturm unter die Kabelkrane gefahren und kann durch Umschütten oder Umhängen der Betonkübel den Kranen übergeben werden. Die Gesamtanlage ist dimensioniert auf eine mittlere Stundenleistung von 120 m³ Fertigbeton, die maximal erreichbare Betonleistung beträgt 170 m³ pro Stunde. In den drei Hauptbetonierjahren 1953 bis 1955 sind pro Bausaison 175 000 bis 250 000 m³ Beton einzubringen; im Jahre 1956 ist die Fertigbetonierung vorgesehen und 1957 wird der Fugenschluß erfolgen.

Bei den Bauarbeiten sind die *großen Stollenbauten* (Abb. 20 bis 26) von besonderer Bedeutung. Währenddem die Vortriebsleistungen bei den ersten größeren Bahntunneln, welche anfangs der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts mit Handbohrung ausgebrochen wurden, nur etwa 1,70 m/Tag (Fréjustunnel) betrugen, wurden beim Gotthardtunnel (1872 bis 1881) mit Schlagbohrmaschinen Leistungen von etwa 3 m/Tag und beim Simplontunnel II (1898 bis 1906) mit Drehbohrmaschinen Vortriebe von etwa 5 m/Tag erreicht.

Bei den Stollenbauten für die Wasserkraftwerke wurden etwa ab 1910 fast ausschließlich leichte Handbohrhämmere verwendet, mit welchen in hartem Gestein Ta-

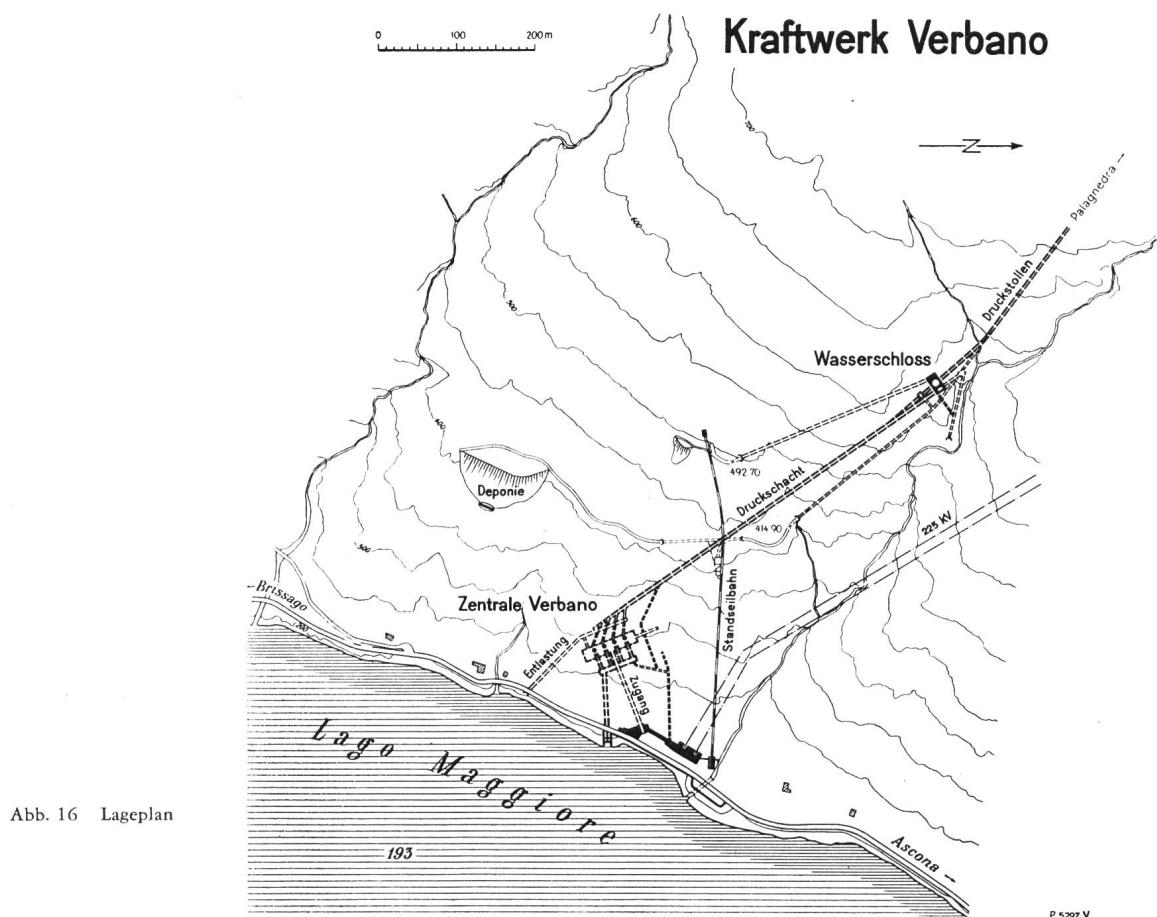


Abb. 16 Lageplan

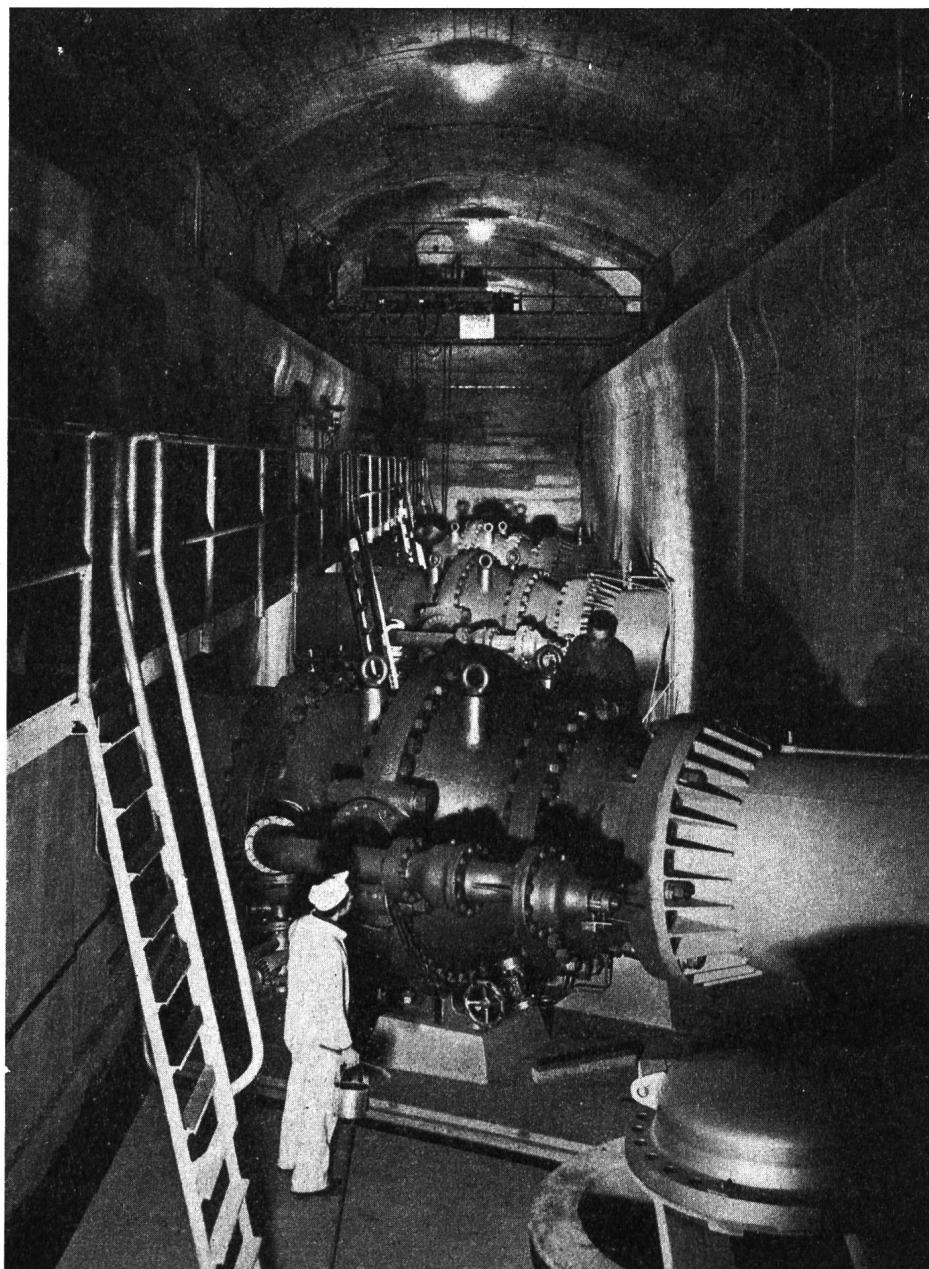


Abb. 17
Schieberkammer der Zentrale
Verbano

gesfortschritte von 3 bis 5 m erreicht werden konnten, also ebensoviel, wie mit den schweren Bohrmaschinen beim Bau der letzten Alpentunnel. Die Arbeit mit diesen Handbohrhämtern verlangte große physische Leistungen von den Mineuren, und die dabei auftretende Staubbildung führte zu der bekannten Silikosekrankheit, welche einen sehr großen Ausfall an qualifizierten Stollenarbeitern zur Folge hatte. Vor einigen Jahren sind schweizerische Unternehmungen dazu übergegangen, die in Amerika und auch in Schweden entwickelten Methoden des mechanischen Stollenvortriebes mit Bohrwagen und Ladegeräten auszuprobieren. Es wurden bei diesen Versuchen Tagesleistungen von 10 bis 20 m und Monatsleistungen von 200 bis 300 m erreicht.

Bei den großen Stollenbauten der Maggia-Kraftwerke war es von Anfang an klar, daß nur mit vollmechani-

sierten Stollenbaumethoden die vom Bauprogramm verlangten Arbeitsfortschritte erreicht werden konnten. Die bei der Bauausführung von den Unternehmungen erzielten Vortriebsleistungen entsprachen im Durchschnitt den gestellten Anforderungen.

Die Installationen für ein großes Stollenlos mit zweiseitigem Vortrieb bei einer gesamten Vortrieblänge von 5 bis 8 km weisen einen Verkehrswert von 2 bis 2,5 Mio Franken auf.

Es werden für eine Stollenbaustelle benötigt: pro Vortrieb ein Bohrwagen (Jumbo) mit 4 bis 6 Bohrhammern auf Lafetten (evtl. 5 bis 10 Bohrlafetten mit Knieverschub, zu verwenden von einem Bohrgerüst aus), Kompressoren mit 40 bis 60 m³/min. Ansaugleistung, reversible Ventilationsanlage für 2 bis 3 m³/s Frischluft, 4 bis 6 Lokomotiven, 30 bis 60 PS für Traktion im Freien und

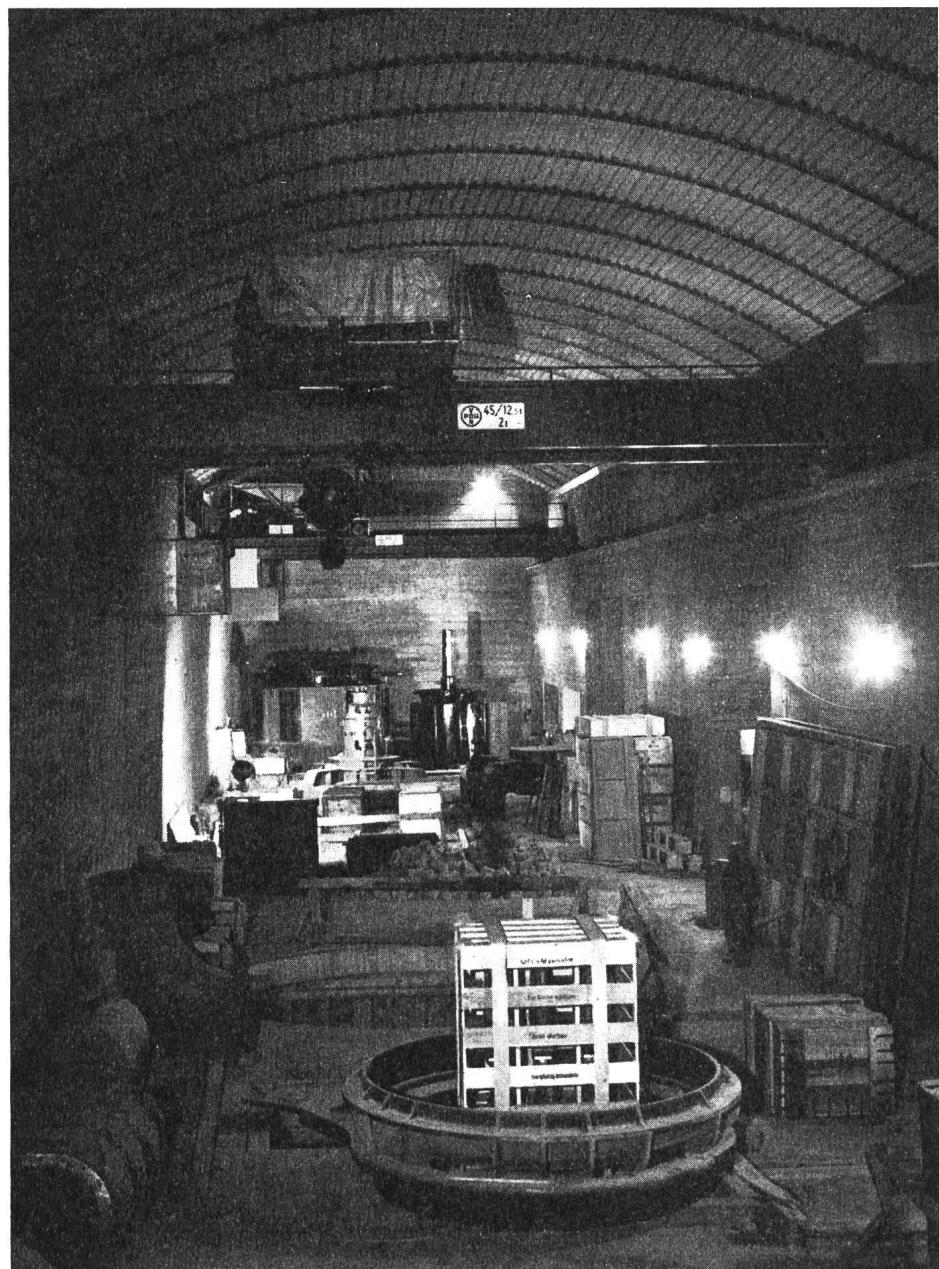


Abb. 18
Zentrale Verbano, Maschinenmontage,
Zustand November 1952

im Stollen, 25 bis 35 Kippwagen für Schuttförderung mit 6 bis 8 t Nutzinhalt, 10 bis 15 Rollwagen von 1,5 bis 2 m³ Inhalt für Förderung der Betonzuschlagsstoffe, Geleise- und Weichenmaterial entsprechend der Vortriebslänge (Spurweite 750 mm), Vorrichtungen zum Auswechseln der beladenen und leeren Wagen bei der Schutterung (z.B. sog. Cherry-Picker oder Schiebebühnen in Verbindung mit kalifornischer Weiche), 2 bis 3 Stollenbagger (Eimco 21, Eimco 40, Convay 75 oder andere Fabrikate), Unterkunfts- und allgemeine Bauplatzbaracken für Belegschaft von 60 bis 100 Mann, Versorgung mit elektrischem Strom für Licht und Kraft (ab Transformator auf der Baustelle), Wasserversorgung, Einrichtungen für Betonierung, Injektionen und Gunitierung je nach Umfang der Arbeitsleistungen, Vorrichtungen zur Wasserhaltung.

Ein Unsicherheitsfaktor bei großen Stollenbauten ist neben der Festigkeit des Gebirges und dem Wasserandrang der Temperaturanstieg bei Gebirgsdurchstichen mit mehr als 1000 m Überlagerung. Nach den beim Simplontunnel gemachten Erfahrungen mußten bei einzelnen Stollenabschnitten des Freilaufstollens Caverzano—Palagnedra Gesteinstemperaturen von ungefähr 40°C erwartet werden, entsprechend einem Temperaturgradienten von 1° pro 30 bis 35 m Überdeckungszone. Bei Temperaturen «vor Ort» von 30° werden die Arbeitsbedingungen erschwert, und bei noch höheren Temperaturen bis gegen 40° werden die Verhältnisse prekär. Es wurden daher besondere Anlagen für die Abkühlung und Trocknung der Stollenluft bereithalten; ihr Einsatz konnte aber unterbleiben, da die Felstemperaturen keinen so hohen Wert erreichten. Die Kühlmaschinen konn-

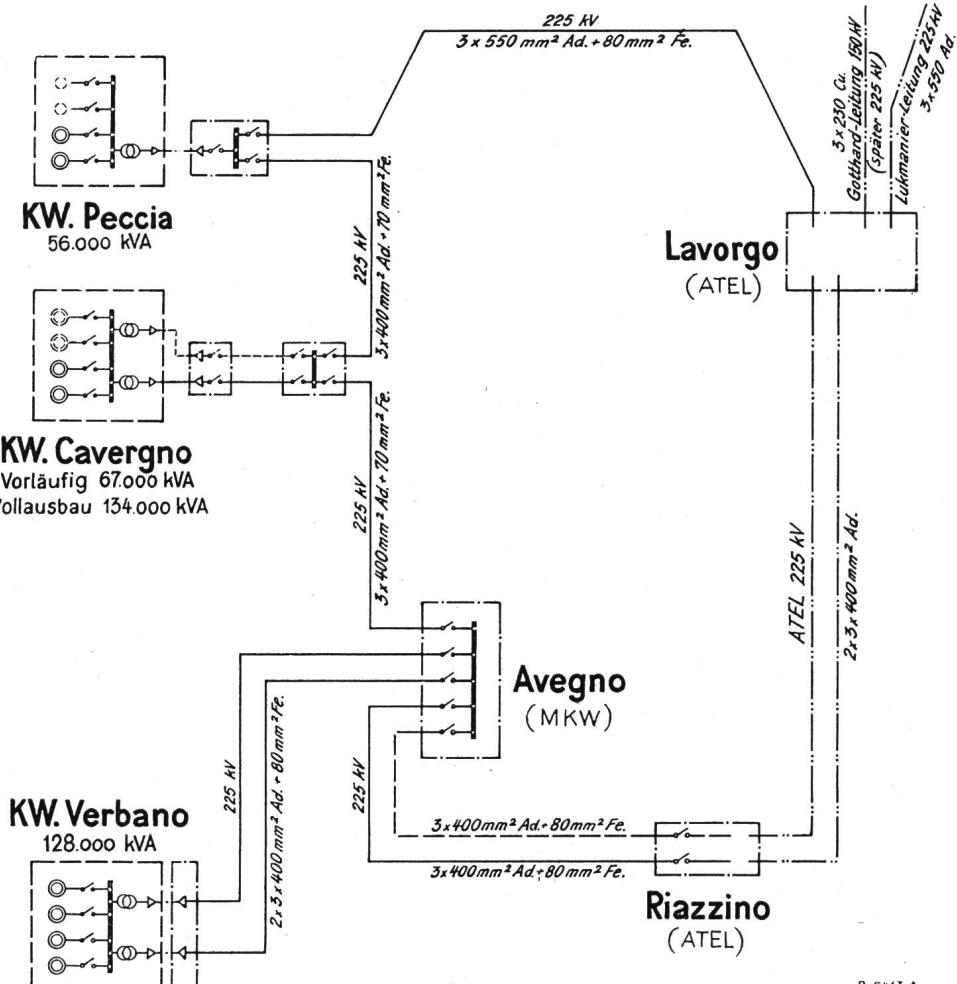


Abb. 19
Schalt- und Leitungsschema der ersten Bauetappe der Maggiakraftwerke

P 5413 A

ten dann für die Klimaanlage der Zentrale Verbano verwendet werden.

Bei den Stollenbauten wurden an einigen Stellen auch Wasseradern angefahren, von denen sich einzelne hemmend auf den Arbeitsfortschritt auswirken und mit besondern Vorkehren durchfahren werden mußten. Ferner sind in Gebirgsteilen mit flacher Lagerung Abschuppungen und etwelche Nachbrüche an Gewölbe und Seitenwänden der Stollen in Erscheinung getreten. Durch Anpassung der Wölbung mit Hebung des Stollenscheitels um 0,5 bis 1,0 m und durch eine dem Vortrieb unmittelbar nachfolgende Gunitierung konnten die Nachbrüche verhindert werden.

Der mit 70 % geneigte Druckschacht Verbano wurde vom untern Ende aus vorgetrieben, wofür drei Bohrmaschinen mit Vorschubstützen eingesetzt waren. Das Ausbruchmaterial gelangte über einen Zwischensilo in einen Förderwagen mit Winde zum Abtransport. Nach erfolgtem Durchschlag wurde mit Hilfe einer am obern Schrägschachtende installierten Abläßwinde das Profil ausgeweitet und ein Geleise auf Betonsohle versetzt. Nach Abdichtung und Drainierung des Schachtes erfolgte das Versetzen und Verschweißen der Panzerrohre von 2,70

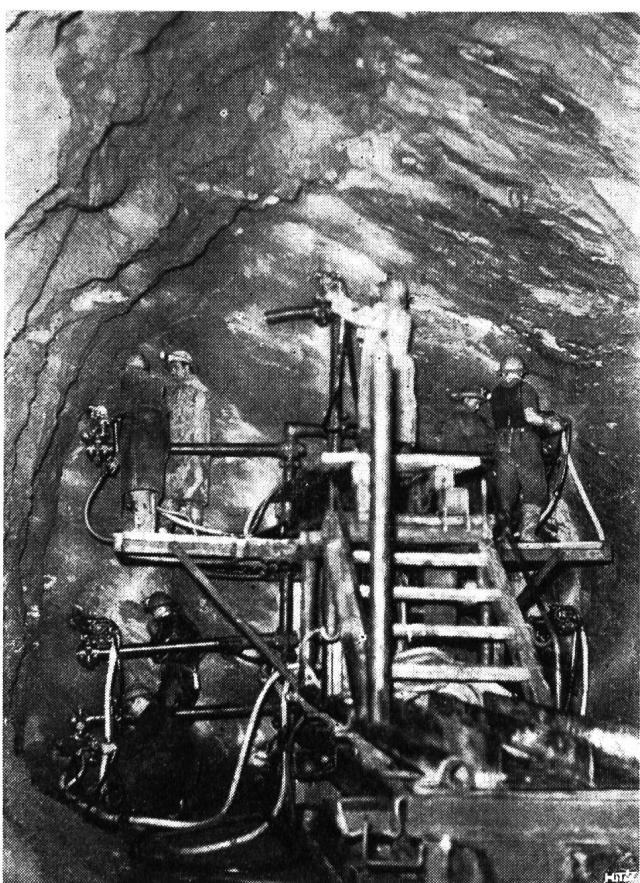


Abb. 20 Freilaufstollen Lodano, Bohrwagen mit 7 lagereerten Bohrhämmern

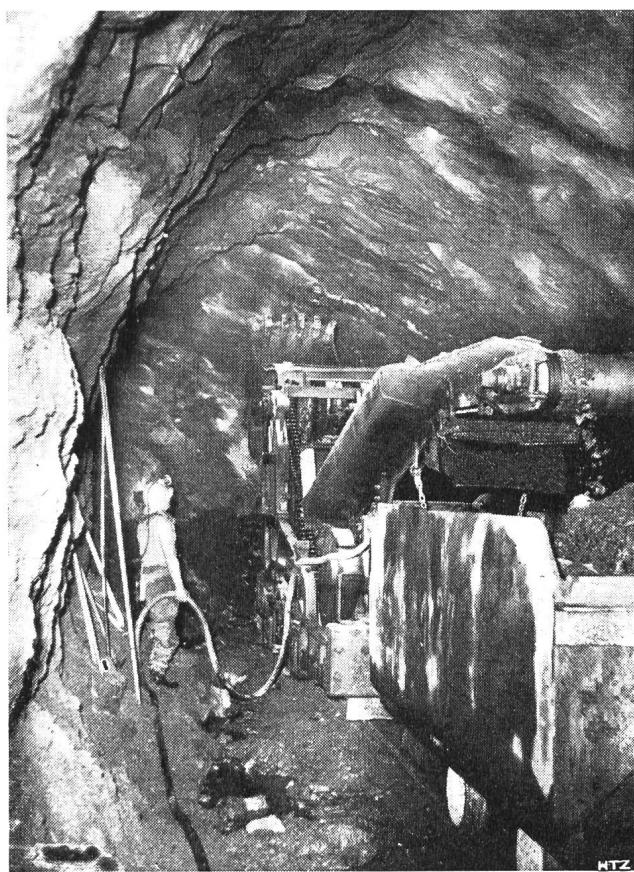


Abb. 21 Freilaufstollen Lodano, elektrisch angetriebener Stollenbagger «Convay», Löffelinhalt 380 Liter

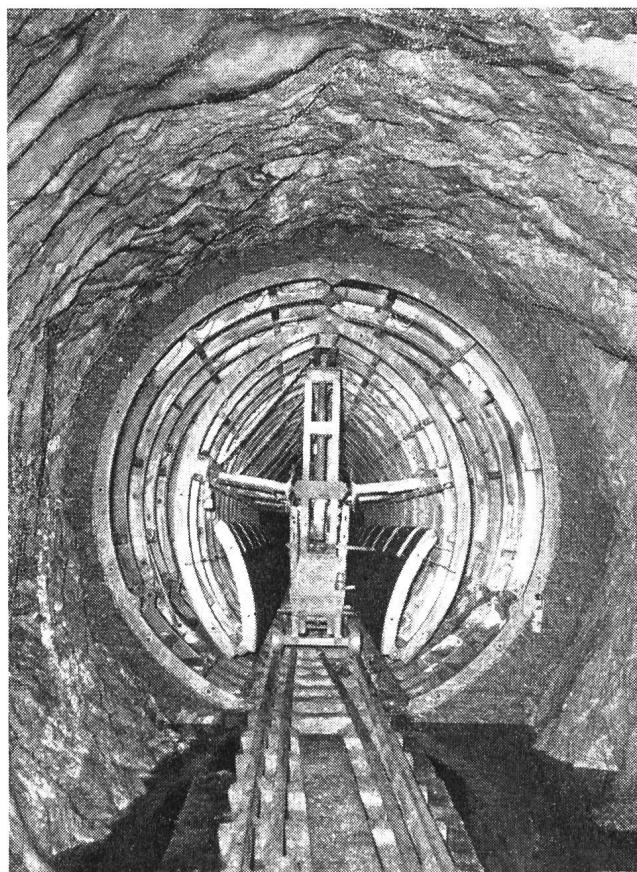


Abb. 22 Druckstollen Palagnedra-Verbano, Ø 3,75 m, Teleskop-Stollen-schalung; äußere Schalung in Gebrauchslage; innere Schalung zusammengeklappt auf Transportwagen zum Verschieben auf Verwendungsstelle

bis 2,85 m Durchmesser in Schüßen von nahezu 10 m Länge. Hierauf wurden die Panzerrohre in Arbeitsetappen von normalerweise zwei Rohrschüssen hinterbetoniert und schließlich der gepanzerte Schacht injiziert. Der Rostschutz der Panzerrohre des Druckschachtes wurde durch Verzinkung und dreifachen Bitumenanstrich in Werkstätten aufgebracht; nach der Montage mußte nur noch der Rostschutz der Schweißnähte und von Flickstellen aufgebracht werden. Damit konnte neben einer wesentlichen Vereinfachung der Vorbereitungen zum Aufbringen des Rostschutzes eine Zeiteinsparung von etwa zwei Monaten erreicht werden. Beim kreisrunden Vertikalschacht des Wasserschlusses von 11 m Durchmesser und etwa 60 m Höhe wurde vorerst ein Vortriebsschacht von unten nach oben vorgetrieben. Nach Durchschlag dieses Schachtes in die obere Wasserschloßkammer wurde die Ausweitung von oben nach unten ausgeführt und der Ausweitung folgend die Panzerung ringweise in Segmenten montiert und hinterbetoniert.

Die Kavernenzentrale Verbano wurde nach folgendem Bauvorgang ausgebrochen: Nach Vortrieb eines Sondierstollens in Kavernenmitte auf Kämpferhöhe und zweier Randstollen auf gleicher Höhe längs der Seitenwände wurde das Gewölbe von diesen Stollen ausgehend aufge-

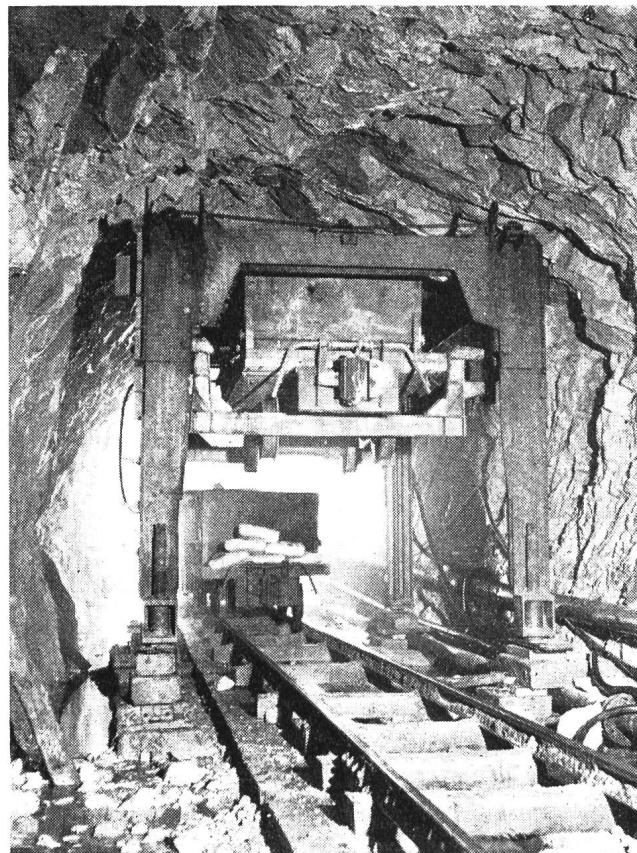


Abb. 23 Kraftwerk Verbano, «Cherry-Picker», maschinelle Einrichtung zum Rangieren der Stollenwagen; Wagen in gehobener Stellung, unterer Wagen bereit zur Durchfahrt

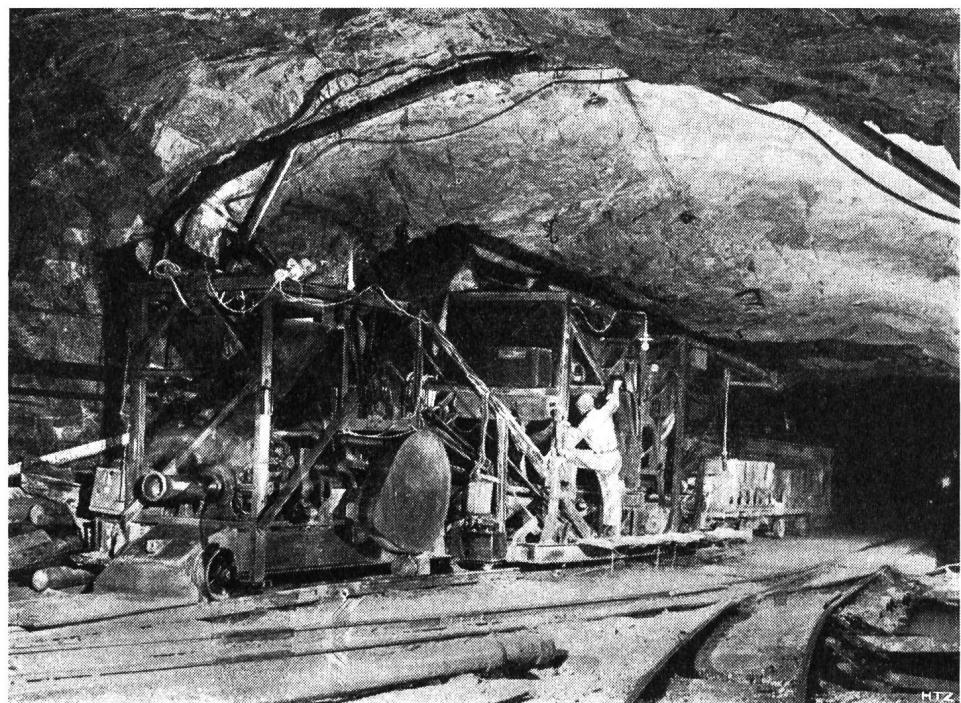


Abb. 24
Druckstollen Corcapolo, Betonmischmaschine, Betonpumpe und Förderwagen für Kiessand



Abb. 25 Druckstollen des Kraftwerkes Verbano,
Betonierung und Injektionen des Mantels

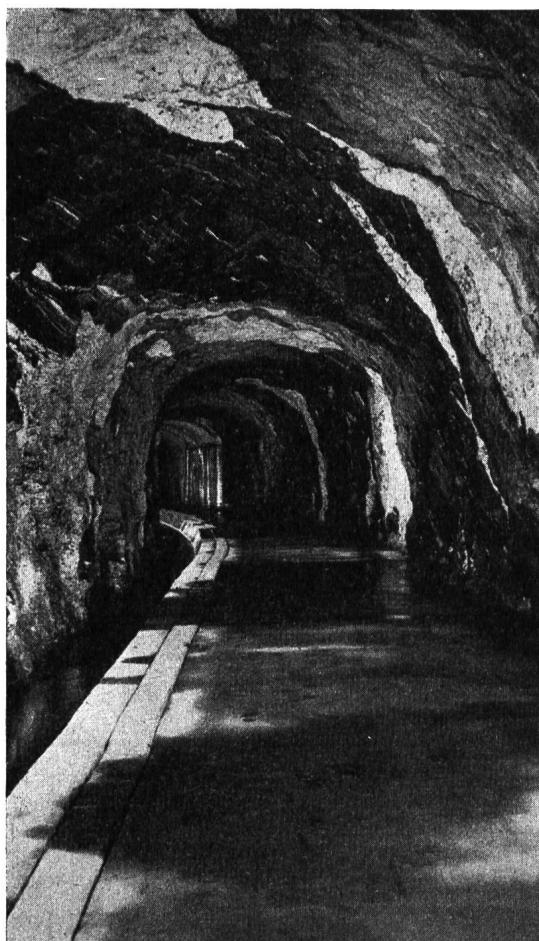


Abb. 26 Kraftwerk Verbano, Freilaufstollen mit Betonsohle,
Rigole und Kabelrinne

brochen und das Betongewölbe in Ringsegmenten von 10 m Breite eingezogen. Hierauf wurden die Seitenwände von tieferen auf Höhe des Hauptzugangs gelegenen Randstollen aufgeschlitzt und betoniert. Schließlich wurde der in Mitte der Kaverne verbleibende Felskern abgetragen. Das Ausbruchmaterial gelangte mit Pneu-fahrzeugen auf eine etwa 40 m lange am Langenseeuf er erstellte Pontonfahrbahn und wurde von dort in den See gekippt. Die Ausbrucharbeiten und die Betonierung des Gewölbes und der Seitenwände waren im November 1951 beendet.

Anschließend wurden die Maschinenfundamente und die Böden und Zwischenwände der Kaverne für die Montage der elektromechanischen Installationen erstellt. Das Ausbruchvolumen der Zentralenkaverne samt Schieberkammer, Expansionskammer, Zugängen und Unterwasserkanal beträgt rund 50 000 m³, die Betonkubatur rund 14 000 m³. Mit der Montage der ersten Maschine konnte im April 1952 begonnen werden. Der Probebetrieb mit der ersten Maschinengruppe des Kraftwerks Verbano wurde im März aufgenommen, am 23. März 1953 begann die Energielieferung an die Maggiapartner

und im Herbst 1953 werden alle vier Maschinen betriebsbereit sein.

Nachstehende statistische Angaben für den Stand Ende Dezember 1952 ergeben ein Bild des Arbeitsaufwandes beim Bau der Maggia-Kraftwerke:

Arbeitsstunden	9,5 Millionen
Mittlere Arbeiterzahl pro 1952	etwa 1700
Maximale Arbeiterzahl pro 1952	etwa 2000
Zementverbrauch	54 000 t
Verbrauch an Explosivstoffen	1 450 t
Stromverbrauch	etwa 35 Mio kWh

Anmerkung: Über das Projekt der Maggia-Kraftwerke ist bereits eine größere Anzahl Publikationen in technischen sowie in Tages-Zeitungen erschienen. Wir verweisen insbesondere auf Band 67, Jahrgang 1949 der «Schweiz. Bauzeitung» und auf Nr. 9 des Jahrgangs 1949 des Bulletins des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins sowie auf Nr. 9 des Jahrgangs 1949 der Zeitschrift «Der Schweizerische Energie-Konsument». In diesen Beschreibungen ist auch die Vorgeschichte des Projektes dargestellt und ferner der Rahmen des Projektes, d. h. seine geographische Situation und sein Anschluß an das allgemeine Versorgungsnetz der Schweiz. Zudem sei auf den Baubeschrieb der Kraftwerkstufe Verbano in der «Wasser- und Energiewirtschaft» 1951, Seiten 189 bis 198 und auf die oben teilweise verwendete Beschreibung der Maggia-Kraftwerke in der Zeitschrift «Hoch- und Tiefbau» 1953, Seiten 127 bis 140 aufmerksam gemacht. (Red.)

Die Erweiterung der wasserbaulichen Anlagen des Kraftwerkes Ritom der Schweizerischen Bundesbahnen

Von P. Tresch, dipl. Ing., Bern

DK 621.29 (494.5)



Abb. 1
Der Ritomsee im westlichen Teil des Val Piora; am unteren Bildrand der Cadagnosee