

Die Kraftwerkgruppe Zervreila

Autor(en): **Kälin, F.O.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **46 (1954)**

Heft 3

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-921399>

Nutzungsbedingungen

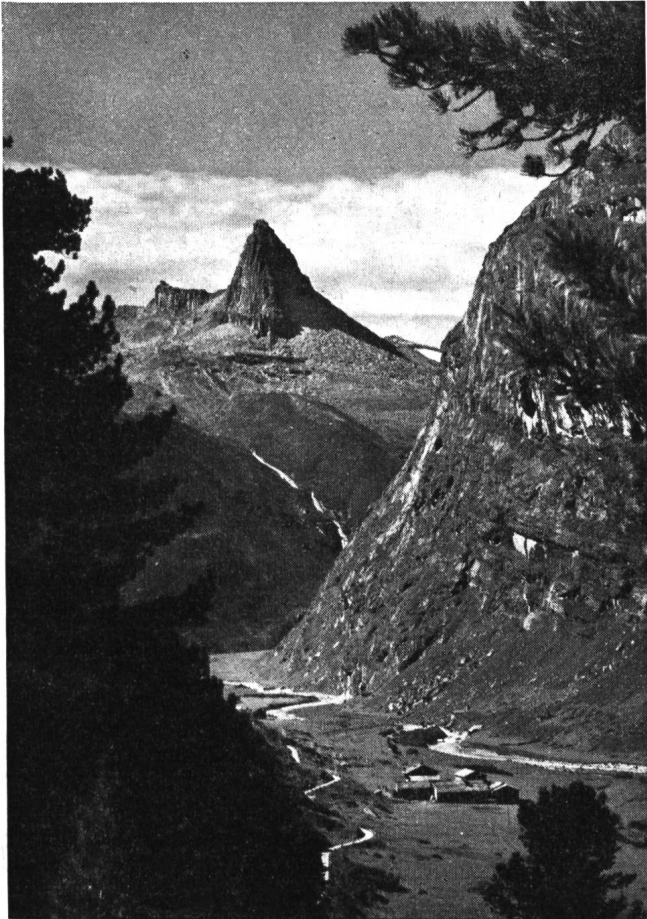
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

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.



Talboden Zervreila mit Zervreilerhorn
(Photo: Jules Geiger, Waldhaus-Flims)

Die Kraftwerkgruppe Zervreila

Mitteilung der Ingenieurgesellschaft *Motor-Columbus AG*, Baden, und Ingenieurbüro *F. O. Kälin*, Meilen.

DK 621.29 (494.26)

I. Vorgeschichte

Die Kraftwerke Sernf-Niedererbach AG., Schwanden (SN) erhielt im Jahre 1946 die Konzession zur Ausnutzung der Rabiusa ab Eggschi im Safiental mit Überleitung des Wassers durch den Heinzenberg ins Domleschg. Im Jahre 1949 erfolgte die Inbetriebnahme eines auf dieser Konzession basierenden Hochdruck-Laufwerkes, des *Kraftwerkes Rabiusa-Realta*¹, an dessen Verwirklichung Ing. Conrad Hew, Chur, als Initiant, Dipl. Ing. M. Passet, Chur, als Projektverfasser und letzterer sowie die «Suisselectra», Basel, als Bauleitung beteiligt waren. Die Rabiusa wird bei Eggschi auf Kote 1151 zu einem Tages- und Wochenausgleichbecken von 500 000 m³ Nutzinhalt aufgestaut. Das auf eine maximale Wassermenge von 6 m³/s ausgebaute Werk erzeugt im Mitteljahr eine Energiemenge von 115 Mio kWh, wovon etwa 1/4 im Winter. In der Zentrale Rothenbrunnen sind zwei Maschinenaggregate von je 12 750 kW Leistung installiert.

Das ständige Anwachsen der Nachfrage nach Winterenergie veranlaßte die SN, neue Ausbaumöglichkeiten

des bestehenden Werkes zu studieren, vor allem im Hinblick auf die Errichtung eines Jahresspeichers. Sie griff deshalb die Idee von Ing. C. Hew, Chur, auf, das Wasser des oberen Valserrheins im topographisch und geologisch günstigen Becken von Zervreila zu speichern und durch einen Überleitungsstollen dem Safientale zuzuführen. Gegen Ende des Jahres 1947 beauftragte die SN das aus den Ingenieuren C. Hew, Chur, und F. O. Kälin, Meilen, bestehende «Studienkonsortium zur Veredelung der Rabiusa», nach dieser Konzeption ein Projekt auszuarbeiten und die Konzessionen gemäß Konzessionsprojekt 1948² zu erwerben. Bereits am 10. Juni 1949 hat der Kleine Rat des Kantons Graubünden die Erteilung der Wasserrechtskonzessionen der 25 konzessionserteilenden Gemeinden genehmigt. Dieses Projekt liegt im wesentlichen auch der nunmehr zur Ausführung gelangenden Kraftwerkgruppe Zervreila zu Grunde, welche die Wasser des oberen Valserrheins, des Peilerbaches und des Safientales auf wirtschaftliche Weise ausnützt. Schon am 17. Mai 1952 konnte auf Grund der geleisteten Vorarbeiten die Gründung der *Kraftwerke Zervreila AG*, Vals, vorgenommen werden, die sich aus folgender Beteiligten zusammensetzt:

¹ Siehe *Schweizerische Bauzeitung* vom 2. Aug. 1947, Nr. 31, «Kraftwerk Rabiusa-Realta» von Dipl. Ing. H. Leuch; *Hoch- und Tiefbau* vom 4. und 11. Dezember 1948 (Dipl. Ing. H. Leuch); *Technische Rundschau*, Jahrgänge 1948, Nr. 50 / 1951, Nr. 52 / 1952, Nrn. 1-2, 3, 4.

² Siehe *Technische Rundschau* 1949, Nr. 12/14.

Kraftwerke Sernf-Niedererbach AG, Schwanden	40 %
Motor-Columbus AG, Baden	30 %
Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Baden	30 %

Die Gesellschaft übernahm gleichzeitig das bestehende Werk Rabiusa-Realta.

Von der Kraftwerke Zervreila AG wurde eine Ingenieurgesellschaft, bestehend aus der Firma Motor-Columbus AG, Baden und dem Ingenieurbüro Kälin, Meilen, mit der Projektierung und Bauleitung der Kraftwerkgruppe Zervreila beauftragt. Ausgedehnte Studien über die Ausbaugröße der verschiedenen Stufen der neuen Kraftwerkgruppe und über die baulich und wirtschaftlich günstigste Disposition der baulichen Anlagen führten zur Aufstellung des Projektes März 1953, dessen Bau in der Folge beschlossen wurde.

II. Allgemeine Disposition

Wie aus dem Übersichtsplan in Abb. 1 ersichtlich ist, verteilen sich die baulichen Anlagen der Kraftwerkgruppe Zervreila auf drei Täler. Im oberen Valsertal (Abb. 2 und 4) wird auf einer Höhe von etwa 1800 m ü. M. durch Errichtung der *Staumauer Zervreila* ein Becken von 100 Mio m³ Inhalt geschaffen, in welchem die Wasser des Valserrheins und seiner obersten Zuflüsse gespeichert werden. Am Fuße der Staumauer ist das Maschinenhaus des *Seekraftwerkes Zervreila* vorgesehen, welches den größten Teil des durch die Mauerhöhe erzeugten Gefälles ausnützt. Ein vorgelagertes Ausgleich-

becken hat angeordnet werden müssen, um die Wasserüberleitung vom Valser- ins Safiental durch einen Freispiegelstollen zu ermöglichen. Außerdem dient es als Pumpbecken für das im Sommer vom Peilerbach in den Stausee überzuleitende Zuschußwasser.

Die Wasser aus dem Einzugsgebiet des oberen Valserrheins werden im Safiental mit denjenigen der oberen Rabiusa im Ausgleichbecken *Wanna* vereinigt. Hier beginnt die Kraftwerkstufe *Wanna—Safien Platz*, welche das Bruttogefälle von etwa 425 m zwischen diesen beiden Orten ausnützt (siehe Längenprofil Abb. 3). Von Safien Platz aus, wo als Puffer ein weiteres Ausgleichbecken vorgesehen ist, führt der Stollen der untersten Stufe ins *Domleschg*. In Rothenbrunnen kommt das Maschinenhaus der *Kraftwerkstufe Safien Platz—Rothenbrunnen* neben die bestehende Zentrale des Werkes Rabiusa-Realta zu stehen, womit eine weitere Gefällstufe von ca. 675 m ausgenützt und das Wasser in den Hinterrhein geleitet wird.

Für die Stollenführung im Safientale waren auch andere Möglichkeiten studiert worden: Eine Variante sah vor, das Gefälle von *Wanna* nach *Rothenbrunnen* in einer Stufe zu überwinden, während eine zweite Variante³ gemäß Vorprojekt 1949 folgende Stufeneinteilung annahm:

³ *Wasser- und Energiewirtschaft*, Jahrgang 1952, Nr. 5/6/7, Seite 91.

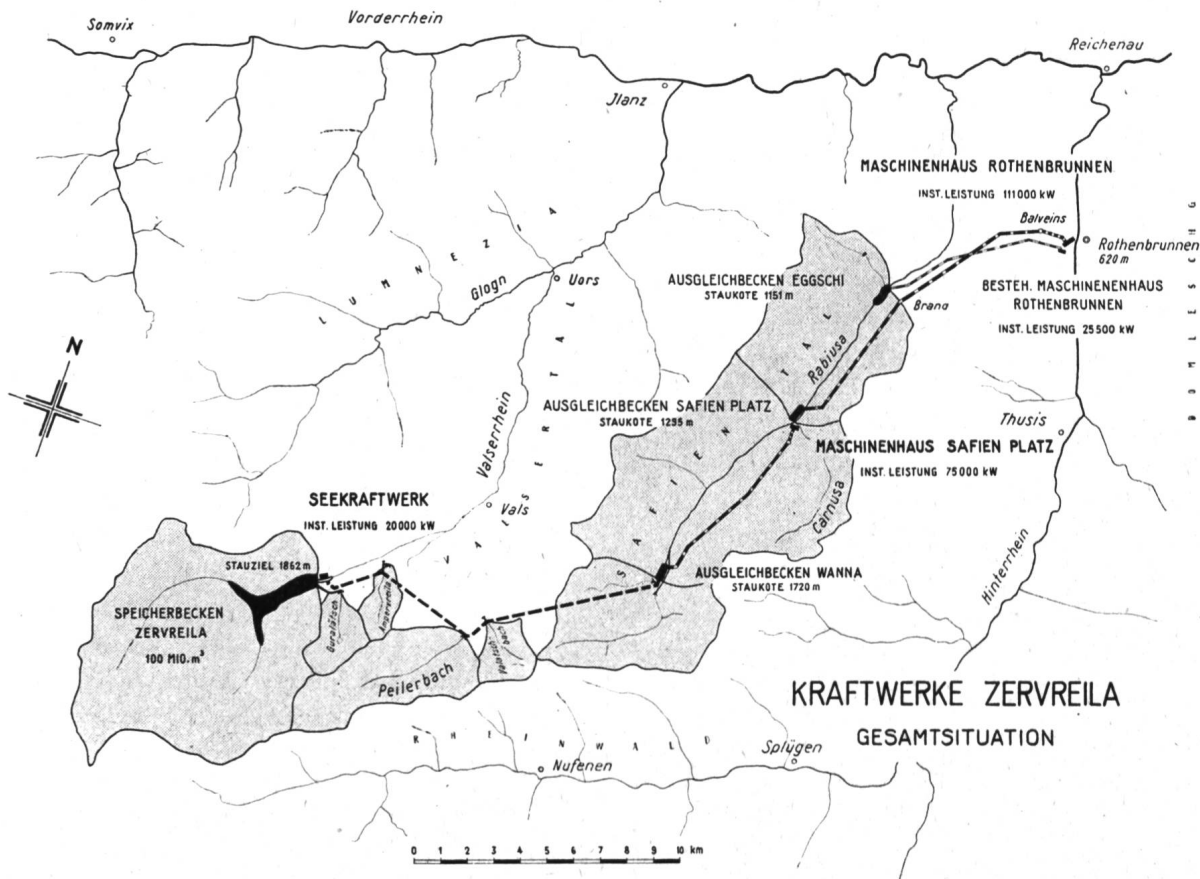


Abb. 1 Kraftwerke Zervreila, Gesamtsituation 1 : 300 000

Wanna—Eggschi mit Maschinenhaus in Eggschi und Eggschi—Rothenbrunnen mit Maschinenhaus Rothenbrunnen.

Für diese untere Stufe hätte dabei der obere Abschnitt des bestehenden Druckstollens benützt werden können, der vorsorglich schon bei der Erstellung des Kraftwerkes Rabiusa-Realta ausgeweitet worden war.

Beide Varianten mußten aus geologischen Gründen fallen gelassen werden. Der Druckstollen der Stufe Wanna—Eggschi und damit auch derjenige der Einstufenvariante wären von Wanna bis in das Carnusatobel längs dem Streichen im Bärenhornschiefer und Nolla-Tonschiefer verlaufen, wobei vor allem letzterer ein sehr ungünstiges Stollengebirge darstellt. Durch die in Abb. 1 gezeigte Stufeneinteilung können der größere Teil des Druckstollens Wanna—Safien Platz sowie die Druckschächte im baulich geeigneteren Kalkphyllit und Kalkschiefer erstellt werden. Der Druckstollen der Stufe Safien Platz—Rothenbrunnen durchfährt auf seiner ganzen Länge Kalkphyllit.

In den hiermit in seiner allgemeinen Disposition geschilderten Kraftwerkverband ließ sich das bestehende Werk Rabiusa-Realta in zweckentsprechender Weise einordnen. Vom bestehenden Ausgleichbecken Eggschi, das vom Einzugsgebiet der Rabiusa oberhalb Eggschi und teilweise vom Ausgleichbecken Safien Platz gespeist werden wird, führt der Stollen des bestehenden Werkes ebenfalls ins Domleschg nach Rothenbrunnen (Abb. 8), wo



Abb. 2 Blick vom linken Kronenwiderlager ins zukünftige Staubecken Zervreila gegen das Zervreilerhorn.

bei eine Höhendifferenz von 530 m ausgenützt wird. Die Kraftwerkgruppe Zervreila wird somit nach Vollen- dung in vier Kraftwerken eine total installierte Leistung von 232 MW aufweisen. Die mittlere jährliche Energie- produktion erreicht 533 Mio kWh, wovon 326 Mio kWh auf die Wintermonate entfallen (vgl. Tabelle III).

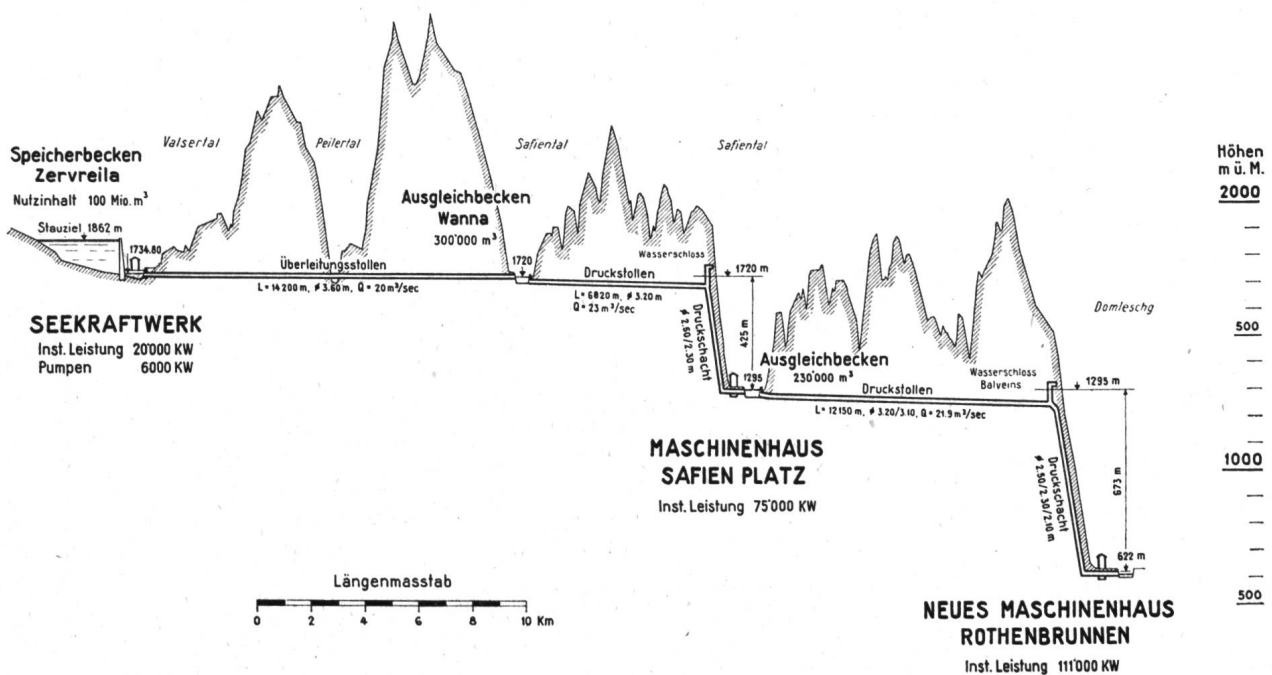


Abb. 3 Kraftwerke Zervreila, Längenprofil. Längen 1:300 000, Höhen 1:30 000.

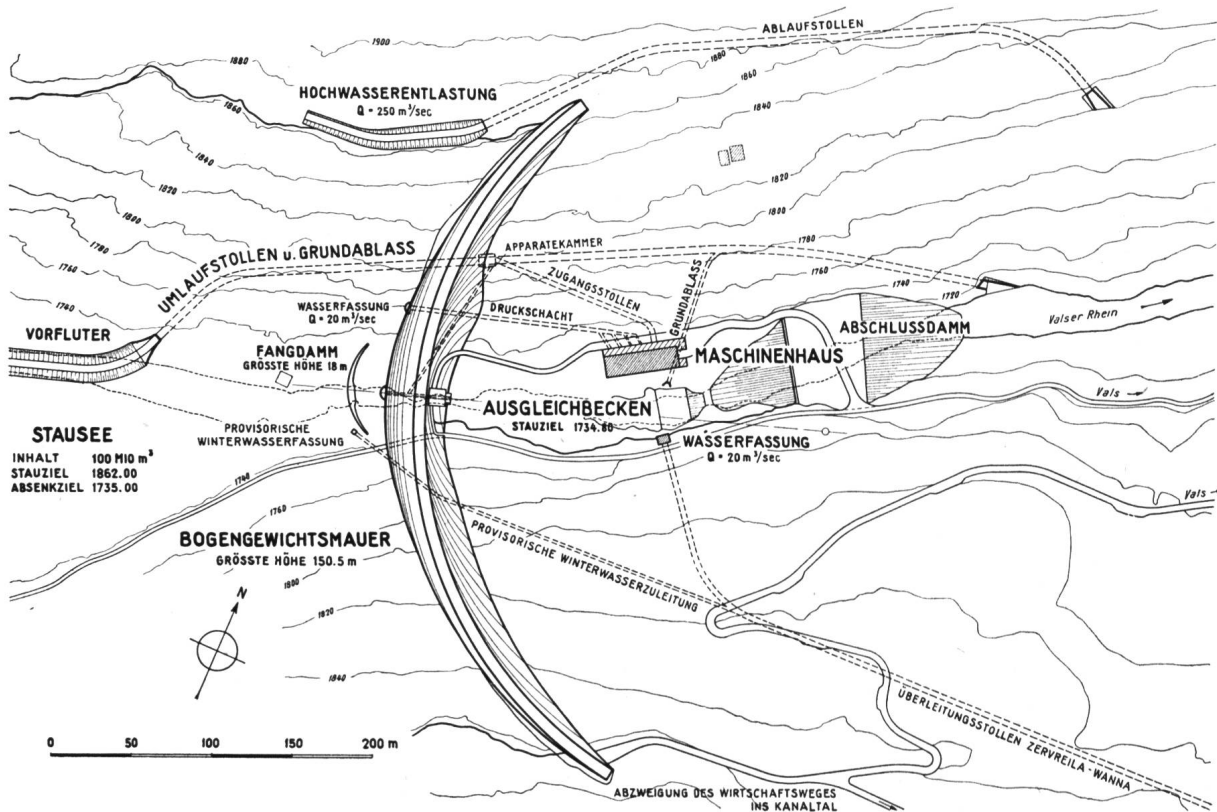


Abb. 4 Seekraftwerk Zervreila, Lageplan mit Staumauer, Maschinenhaus und Ausgleichsbecken, 1:5000.

III. Beschreibung der Kraftwerkanlagen

1. Staumauer und Seekraftwerk Zervreila (Abb. 4 und 5)

Die projektierte *Bogengewichtsmauer* Zervreila weist eine maximale Höhe von 151 m über der Fundamentsohle und eine Kronenlänge von 488 m auf. Sie besitzt eine Kronenbreite von 7 m und eine maximale Mauerstärke im Fundament von 35 m. Die Betonkubatur beträgt rund 650 000 m³. Die günstigen Felsverhältnisse (standfester Orthogneis) auf der linken Talflanke gestatten eine normale Foundation der Mauer mit einer für solche Bauwerke üblichen Einbindetiefe. Dagegen ist auf der rechten Talflanke mit dem Abräumen des aufgelockerten Felsens im Durchschnitt bis auf eine Tiefe von etwa 10 m zu rechnen. Die ursprünglich in geologischer Hinsicht etwas skeptisch beurteilte Klüftigkeit des Felsens wurde vor Baubeginn durch ein System von Sondierstollen und -bohrungen eingehend abgeklärt. Damit konnte die einwandfreie Beschaffenheit des Felsuntergrundes nachgewiesen werden. In der Staumauer sind verschiedene Gänge und Schächte vorgesehen, von denen aus die Fundamente injiziert und dauernd Kontrollen des Mauerkörpers ausgeführt werden können.

Die Installationen für die Erstellung der Staumauer erlauben den Einbau von im Maximum 3000 m³ Beton pro Tag. Für die Betonierung sind die Jahre 1955, 1956 und 1957 vorgesehen und die Fertigstellung der Mauer wird im Jahre 1958 erfolgen.

Damit bei gefülltem Speicher allfällige Hochwasserzuflüsse schadlos abgeführt werden können, wird am linken Talhange ein *Entlastungsüberfall* von 115 m Länge angeordnet. Die Überfallkrone liegt auf Stauziel Kote 1862,00. Nach Passieren eines ca. 360 m langen Stollens tritt das Wasser am linken Talhang auf Kote 1810,00 m aus, von wo es in das Bachbett des Valserrheins abstürzt. Gestützt auf eingehende Untersuchungen und im Bestreben, eine Überflutung der Staumauer Zervreila bei einem Katastrophenhochwasser sicher zu vermeiden, wurde der Dimensionierung der Entlastungsanlage ein größtes Hochwasser von 250 m³/s, entsprechend einem spezifischen Abfluß von 4 m³/s und km² zu Grunde gelegt. Der Überfall führt dieses Hochwasser bei einem Überstau von 1,0 m ab. Die Abflußverhältnisse der Hochwasserentlastung wurden an einem Modell an der Versuchsanstalt für Wasser- und Erdbau der ETH nachgeprüft. Als zusätzliche Sicherheiten sind das Retentionsvermögen des Stausees sowie die Möglichkeit einer Wasserableitung von 20 m³/s durch den Überleitungsstollen in das Safiental zu erwähnen.

Der *Grundablaßstollen* dient während des Baues der Staumauer zur Umleitung des Valserrheins. Vor dem Einbau der Grundablaßschützen hat er eine Schluckfähigkeit von 190 m³/s. Es können somit während der Bauzeit Hochwasser, die bedeutend größer sind als die je registrierten, schadlos abgeleitet werden. Nach dem Einbau der Schützen dient der Grundablaß zur vollständigen Ent-

leerung des Speicherbeckens. Er soll aber auch im Bedarfsfalle eine rasche Seeabsenkung ermöglichen. Auf Grund der Beobachtungen der Abflüsse in der Flachstrecke des Rheins bei Vals wurde im Einvernehmen mit den Vertretern des Eidg. Militärdepartementes und des kantonalen Bauamtes die Schluckfähigkeit des Grundablasses auf 150 m³/s festgesetzt.

Die Fassung der *Turbinenzuleitung* ist auf Kote 1758,50, also 23,50 m über dem Senkungsziel des Speicherbeckens (Kote 1735,00) angeordnet. Die in die Staumauer eingebaute *Dotierwasserleitung* soll in erster Linie die Entnahme des unterhalb der Kote 1758,50 gespeicherten Wassers ermöglichen, wobei auf eine Ausnützung des verbleibenden kleinen Gefälles verzichtet wird. Im Falle einer Störung an der Turbinenanlage dient die Dotierwasserleitung auch zur Abgabe von Seewasser an die unteren Kraftwerkstufen.

Die Zuleitung des Wassers zum Maschinenhaus erfolgt durch einen kurzen, flachen Druckschacht. Im Rahmen des Gesamtprojektes werden im *Seekraftwerk* zwei Turbinen für eine Schluckfähigkeit von total 20 m³/s, entsprechend dem Durchflußvermögen des Überleitungsstollens Zervreila-Wanna, eingebaut. Für die Förderung des Peilerbachwassers aus dem am Fuße der Staumauer angeordneten Ausgleichbecken durch den Druckschacht

in den Stausee sorgen zwei Pumpen, die bei einer Förderhöhe von 75 m total 6 m³/s und bei der maximalen Förderhöhe von 130 m ca. 2,8 m³/s Wasser schlucken. Sie sind vertikalaxig angeordnet und werden durch Synchronmotoren angetrieben. Die Pumpenschieber sind für Drosselbetrieb eingerichtet. Die installierte Leistung des teilweise von einer der untersten Zentralen aus ferngesteuerten Seekraftwerkes beträgt 20 MW für die Turbinenanlagen und 6 MW für die Pumpen. Die ebenfalls vertikalaxig konstruierten Francisturbinen vermögen die 20 m³/s bis zu einem Nettogefälle von etwa 70 m zu verarbeiten. Bei einem Nettogefälle von 45 m, das für den Turbinenbetrieb noch zulässig ist, beträgt das Schluckvermögen etwa 16 m³/s. Der restliche Seeinhalt von rund 15 Mio m³ muß durch die Dotierwasserleitung abgegeben werden. Die beiden Generatoren mit einer Leistung von je 12,5 MVA sind mit den Turbinen starr gekuppelt und im geschlossenen Kreislauf gekühlt. Die erzeugte Energie wird über eine im Maschinenhaus aufzustellende Gruppe von drei Einphasen-Transformatoren mit einer Dreiphasen-Leistung von 25 MVA und Wasserkühlung von Maschinenspannung auf die Übertragungsspannung von 50 kV transformiert.

Das *Ausgleichbecken* am Fuße der Staumauer dient hauptsächlich dem Ausgleich der variablen sommerlichen

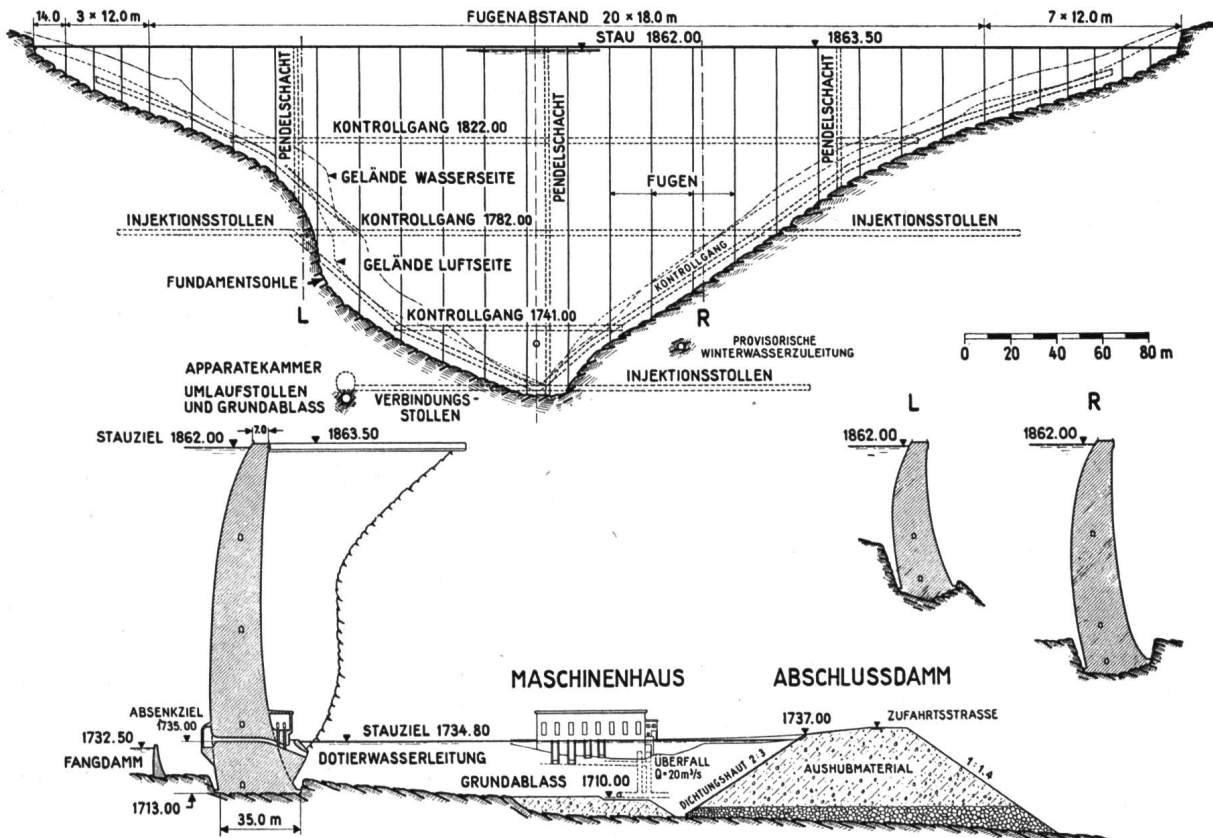


Abb. 5 Seekraftwerk Zervreila, wasserseitige Ansicht der Staumauer und Querschnitte, 1:3500.

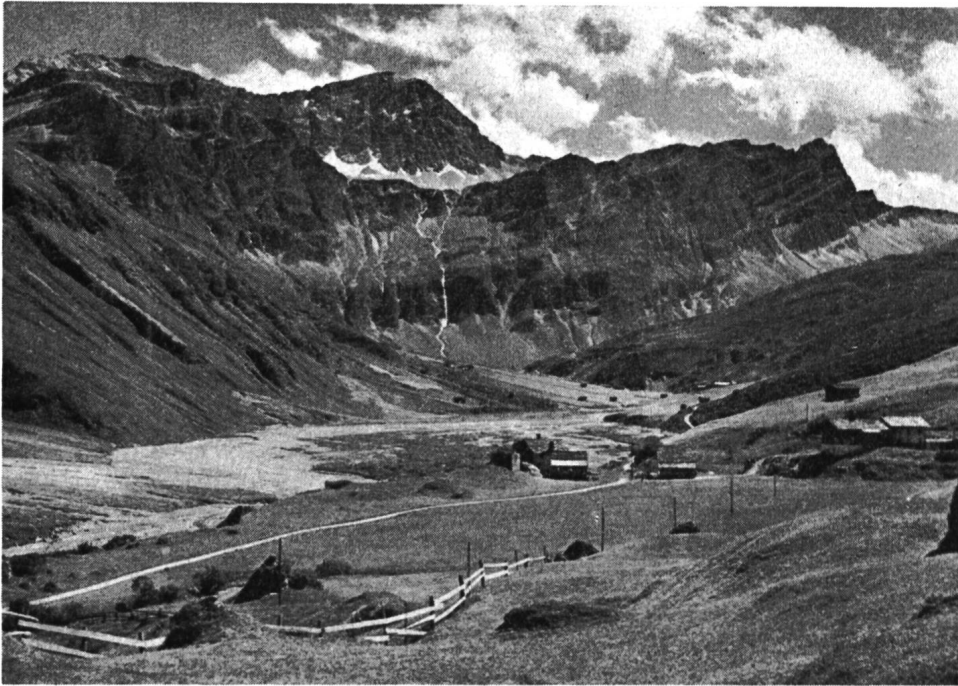


Abb. 6 Safiental bei Turahus; im hintern Talboden wird das Ausgleichbecken Wanna geschafften. (Photo: M. Gander, Waldhaus-Flims)

Zuflüsse vom Peilerbach beim Pumpenbetrieb und auch als Beruhigungsbecken beim Betrieb der Dotierwasserleitung. Für die Schüttung des talseitig angeordneten Abschlußdammes soll das Aushubmaterial der Staumauer Verwendung finden. Am linken Ufer des Ausgleichbeckens sind ein Entlastungsüberfall für $20 \text{ m}^3/\text{s}$ auf Kote 1734,80 sowie ein Grundablaß angeordnet, die beide in den Grundablaßstollen des Staubeckens ausmünden. Die Wasserfassung des Überleitungsstollens befindet sich am rechten Ufer.

2. Überleitungsstollen Zervreila–Wanna

Dieser rund 14 200 m lange Stollen befindet sich seit 1951 im Bau und dürfte im Herbst 1954 fertiggestellt sein. Er weist eine Lichtweite von 3,60 m auf und besitzt ein Durchflußvermögen von $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Während der obere Stollenteil von Zervreila bis Peil eine Formation von Urgestein (Gneis) durchquert, verläuft die untere Partie von Peil bis Wanna durch einen mit Triaseinschlüssen und schieferigen Kalken durchsetzten Gesteinskomplex (Bündnerschiefer).

Damit das Wasser des Valserrheins im Winter während der Bauzeit der Staumauer in das Safiental übergeleitet werden kann, ist in Zervreila eine provisorische Zuleitung zum Überleitungsstollen erstellt worden, die zunächst als Stollenfenster für den Bau der obersten Strecke dient. Das zufließende Wasser muß dabei durch Schließen einer provisorischen Einlaufschütze vor dem Umlaufstollen aufgestaut werden. Durch diese Maßnahmen lassen sich in der bestehenden Anlage Eggschi-Rothenbrunnen in den Winterperioden 1954/55, 1955/1956 und 1956/57 zusätzlich je etwa 16 Mio kWh Winterenergie erzeugen.

Das Wasser durchfließt den Stollen von Zervreila nach Wanna mit freiem Spiegel. Für die Überleitung des Sommerwassers (max. $6 \text{ m}^3/\text{s}$) von Peil nach Zervreila wird im Überleitungsstollen unterhalb des Bacheinlaufes bei Peil der Einbau einer Schütze nötig, wofür die im Umlaufstollen Zervreila provisorisch montierte Einlaufschütze verwendet wird.

3. Kraftwerk Wanna–Safien-Platz

Auf Grund eingehender hydrologischer Studien und Wirtschaftlichkeitsberechnungen ist der Ausbau des Kraftwerkes Wanna–Safien Platz für $23 \text{ m}^3/\text{s}$ entsprechend einer Leistung von 75 MW vorgesehen. Im Winter wird dieser Stufe das Speicherwasser von Zervreila sowie das Laufwasser der Bäche im Einzugsgebiet der Überleitung und der Rabiusa zugeführt. Im Sommer steht dagegen nur ein Teil des nicht gepumpten Wassers des Peilerbaches und das Laufwasser des Valatschbaches und der Rabiusa zur Verfügung. Die Ausnützung dieser Zuflüsse kann mit Hilfe des Ausgleichbeckens Wanna auf die Tagesstunden konzentriert werden.

Das *Ausgleichbecken* im Talboden unterhalb Wanna soll als geschlossener und abgedichteter Tagesspeicher erstellt und die Rabiusa rechtsseitig neben dem Becken vorbeigeleitet werden. Das gefaßte Wasser (max. $4 \text{ m}^3/\text{s}$) wird vor der Einleitung in einem Entsander geklärt. Bei einem Zufluß von $20 \text{ m}^3/\text{s}$ aus dem Überleitungsstollen und einem Verbrauch bei Vollast von $23,0 \text{ m}^3/\text{s}$ würde ein Becken von $220\,000 \text{ m}^3$ Nutzinhalt genügen, um eine tägliche Benützungsdauer von 21 Stunden in den anschließenden Kraftwerken sicherzustellen. Um jedoch dieser Stufe eine angemessene Betriebs-Elastizität zu gewährleisten, ist ein Ausbau mit $300\,000 \text{ m}^3$ Inhalt vorgesehen.

Die Zuleitung des Wassers bis zum Wasserschloß unterhalb der Verdusalp erfolgt in einem ca. 6800 m langen *Druckstollen* von 3,20 m lichtem Durchmesser. Dieser durchfährt zunächst auf einer Länge von etwa 100 m den Nolla-Tonschiefer und anschließend den Bärenhornschiefer. Die letzten 1,2 km und das Wasserschloß können in bautechnisch günstigerem Kalkschiefer erstellt werden. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung hat für diesen durchgehend mit Beton verkleideten Druckstollen einen lichten Durchmesser von 3,20 m ergeben. Bei Vollast beträgt die mittlere Wassergeschwindigkeit 2,85 m/s.

Das *Wasserschloß* besteht aus einem Steigschacht sowie einer unteren und einer oberen Kammer. Beim Übergang vom Stollen in den Druckschacht ist die Apparatekammer angeordnet, welche beim Bau auch zur Montage und Einführung der Panzerrohrschüsse in den Druckschacht dienen soll. Für den Transport der Rohre und Drosselklappen in die Apparatekammer muß von Safien Platz nach dem Wasserschloß eine Seilbahn erstellt werden, die zur Erleichterung des späteren Betriebes als bleibende Anlage ausgebaut wird. Der *Druckschacht* weist eine Neigung von 65 % auf und hat eine Länge von der Apparatekammer bis zur Verteilleitung

von etwa 700 m. Sein lichter Durchmesser beträgt in der oberen Hälfte 2,50 m und in der unteren 2,30 m. Der Schacht wird von zwei Baufenstern aus erstellt.

Das *Maschinenhaus* Safien Platz wird bei der Einmündung des Carnusabaches in die Rabiusa errichtet und mit zwei vertikalaxigen Maschineneinheiten mit Francis-Turbinen ausgestattet. Im Einzelbetrieb verarbeiten diese beim höchsten Nettogefälle von 422 m je 11,75 m³/s Wasser und weisen eine Nennleistung von je 43 MW auf. Die Drehzahl beträgt 750/min. Beim minimalen Nettogefälle von 395 m geht die Turbinenleistung auf je rd. 39 MW zurück. Die Turbinen werden mit Druckregler ausgerüstet. Die den Turbinen vorgeschalteten Abschlußorgane bestehen aus Kugelschiebern mit Betriebs- und Revisionsdichtung. Die im geschlossenen Kreislauf gekühlten Generatoren von je 51 MVA sind über dem Maschinensaalboden angeordnet und tragen das Spurlager, welches die Last der rotierenden Teile und den hydraulischen Axial Schub auf die Fundamente übertragen muß. Die von den beiden Generatoren erzeugte Energie wird über zwei 51-MVA-Transformatorgruppen von Maschinenspannung auf 150 kV transformiert. Eine Tertiärwicklung wird den Anschluß der 50-kV-Leitung vom Seekraftwerk ermöglichen. Von der Freiluftschaltanlage



Abb. 7 Blick ins Safiental von Eggschi aus auf Brusghorn. (Photo A. Tschopp, Wil).

führt eine 150-kV-Doppelleitung über den Heinzenberg nach Rothenbrunnen.

4. Kraftwerk Safien Platz–Rothenbrunnen

Mit Rücksicht auf das bestehende Kraftwerk Rabiusa-Realta hat sich als günstigste Lösung für die Stufe Safien Platz–Rothenbrunnen ein Ausbau für einen Durchfluß von $21,9 \text{ m}^3/\text{s}$ entsprechend einer Leistung von 111 MW ergeben.

Es ist vorgesehen, das *Ausgleichbecken* Safien Platz mit $230\,000 \text{ m}^3$ Nutzinhalt als geschlossenen Speicher auf der linken Seite der Rabiusa zu errichten und letztere in einem längs des Ausgleichbeckens erstellten Gerinne abzuleiten. Oberhalb des Beckens wird das Wehr mit der Fassung der Rabiusa angeordnet. Auch hier passiert das zugeleitete Bachwasser (max. $8 \text{ m}^3/\text{s}$) einen Entsander. Das Wasser des Carnusabaches wird ebenfalls gefaßt und ausgenützt. Der schadlosen Ableitung seiner Hochwasser durch ein befestigtes Gerinne muß besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Um dem bestehenden Werk Rabiusa-Realta eine angemessene Betriebsstundenzahl zu sichern, genügt das aus dem Einzugsgebiet zwischen Safien Platz und Eggschi dem Ausgleichbecken Eggschi zufließende Wasser nicht. Es ergibt sich die Notwendigkeit, der bestehenden Stufe zusätzliches Wasser zuzuleiten: vorläufig soll dies durch eine teilweise Wasserabgabe aus dem Ausgleichbecken Safien nach Eggschi durch das Bett der Rabiusa erfolgen. Da man indessen durch diese Maßnahme veredeltes Speicherwasser ungenützt die Höhendifferenz von Safien Platz nach Eggschi (etwa 150 m) abfließen läßt, ist für

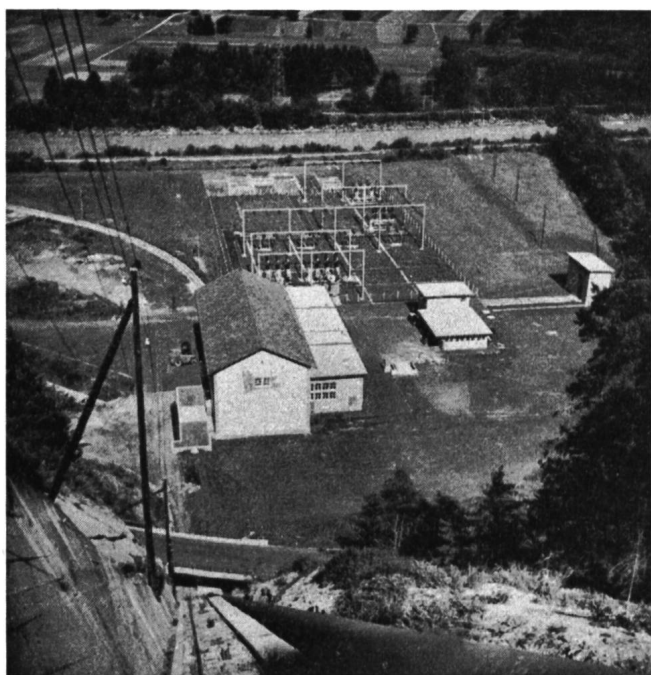


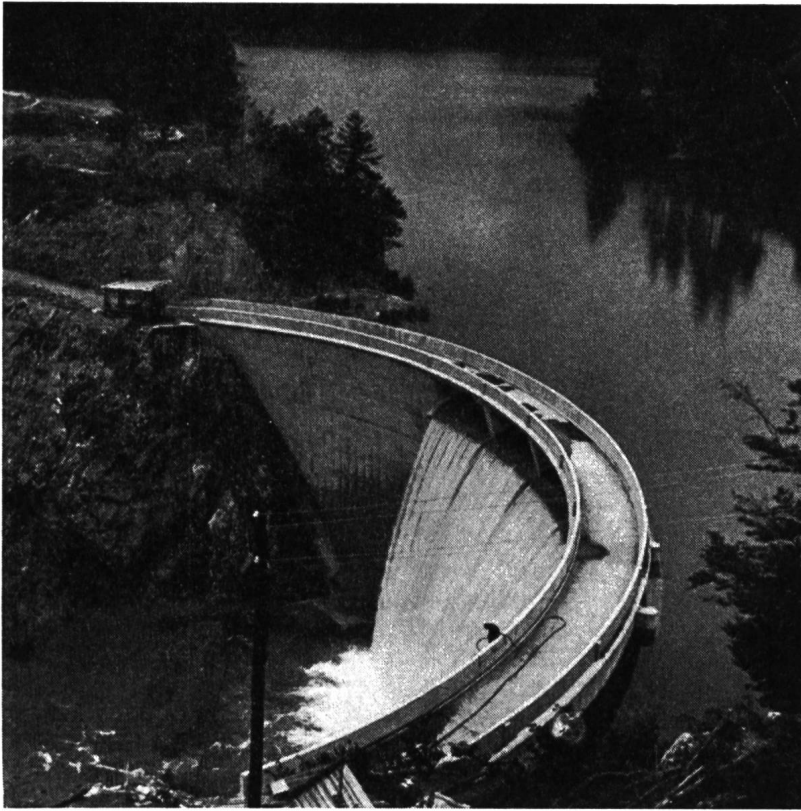
Abb. 8 Zentrale Rothenbrunnen des bestehenden Kraftwerkes Rabiusa-Realta von der Druckleitung aus.

ein späteres Stadium die Erstellung eines kleineren Werkes in Eggschi vorgesehen. Die Zuleitung des Wassers zu diesem Werk erfolgt aus einem Fensterstollen des Druckstollens Safien Platz–Rothenbrunnen bei Brand. Demzufolge erhält der total 12 150 m lange Druckstollen im oberen Abschnitt bis Brand einen Durchmesser von 3,20 m, im unteren Teil bis zum Wasserschloß noch 3,10 m. Der mit Beton ausgekleidete Stollen durchfährt auf seiner ganzen Länge den Kalkschiefer. Das *Wasserschloß* und die Apparatekammer werden analog der Ausführung der Stufe Wanna–Safien Platz angeordnet. Der *Druckschacht* weist eine Länge von 1120 m und eine Neigung von 65 % auf. Der lichte Durchmesser nimmt von oben nach unten von 2,50 m über 2,30 auf 2,10 m ab. Zum Bau des Druckschachtes sind zwei oder drei Fenster nötig. Für den Transport der Baumaterialien und der Panzerrohre steht die bestehende Standseilbahn des Kraftwerkes Rabiusa-Realta zur Verfügung, welche bis zum neuen Wasserschloß verlängert werden muß.

Das neue *Maschinenhaus* in Rothenbrunnen wird am Fuße des Berghanges neben der bestehenden Anlage erstellt, so daß die Turbinenzuleitungen unmittelbar nach deren Austritt aus dem Fels in das Maschinenhaus eingeführt werden können. Für die Rückgabe des Wassers in den Hinterrhein ist der Bau eines neuen Unterwasserkanals erforderlich, an den auch der Kanal der bestehenden Anlage angeschlossen wird. Die Zentrale erhält drei horizontalaxige Maschineneinheiten mit Pelton-Turbinen. Jeder Generator von 52,5 MVA trägt an seinen beiden Wellenenden ein durch eine Düse beaufschlagtes Turbinenlaufrad. Die Nenndrehzahl beträgt 428/min. Beim höchsten Nettogefälle von 670 m bei Einzelbetrieb ist das Schluckvermögen einer Doppelturbine $7,4 \text{ m}^3/\text{s}$, was einer Leistung von 43 MW entspricht. Beim minimalen Nettogefälle von etwa 633 m leistet jede Doppelturbine ca. 39 MW. Die Turbinen-Abschlußorgane, je ein Kugelschieber mit doppelter Dichtung, sind in einer im Fels ausgesprengten Schieberkammer untergebracht. Zur Transformierung der erzeugten Energie sind zwei Dreiwicklungs-Transformatorgruppen, Maschinenspannung/150/225 kV, vorgesehen. Sie werden im Freien aufgestellt und mit Radiatorenbatterien für natürliche Kühlung ausgerüstet. Im Bedarfsfall kann in den gleichen Transformatoren die Energie der oberen Kraftwerke von 150 auf 225 kV auftransformiert werden.

5. Transportanlagen

Der Transport von Installations- und Baumaterial auf die Staumauer-Baustelle Zervreila und zu den verschiedenen Baustellen im Safiental machen einen Ausbau des bestehenden Straßennetzes notwendig. Im *Valsertal* erwiesen sich auf der Strecke Ilanz—Vals und Vals—Valé örtliche Ausweitungen und Korrekturen an den bestehenden Straßen als erforderlich. Für das Straßenstück von



Weißenseesperre

Kraftwerk Kamering,
Kärnten (Oesterreich)
erbaut unter Verwen-
dung von

FRIOPLAST

FRIOPLAST

für hochwertigen Massenbeton

REFERENZEN: Staumauer Publino, Pezzé di Moena, Gramolazzo, Valle Cadore, Forte Buso, Corlo, Senaiga, Valsoera, Barcis, Alborelo, Piantellessio, San Giuliano, Quarazzo, Fedaia (Italien). Margaritzensperre, Möllsperre, Mooserbodensperre, Weißsee-Südsperre, Weißsee-Nordsperre, Dobra-Krumau. Thurnberg-Wegscheid, Weißenseesperre, Jochenstein (Oesterreich). Okertalsperre (Deutschland). Zwillingsperre Aussois, Bioge, Couesque, Goul, Gréziolles, Séchilienn. Arly, Luzech, Pannesière, Bort (Frankreich) usw.



Kaspar Winkler & Co.

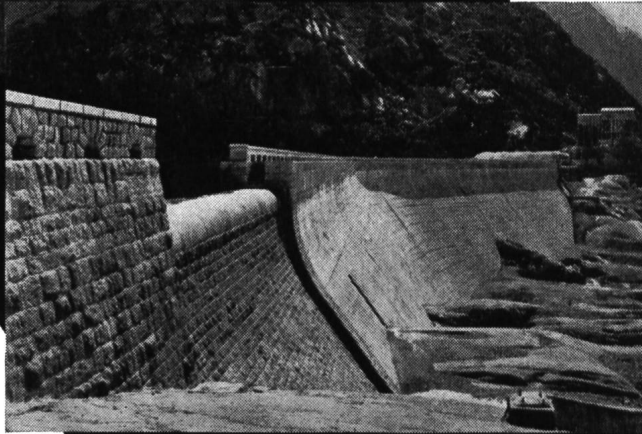
Fabrik für chemische Baustoffe Telephone 525343 Zürich 48

E. G. PORTLAND

Wasserkraftwerke haben den Vorteil, daß es im Gegensatz zur Ausbeute von mineralischen Rohstoffen Kraftreserven sind, die sich immer wieder selbst erneuern. Es ist somit keine Abtragung und Verminderung der Bodenschätze, sondern nur die sinnvolle Auswertung der von der Natur stets erneuerten Kraftquellen.



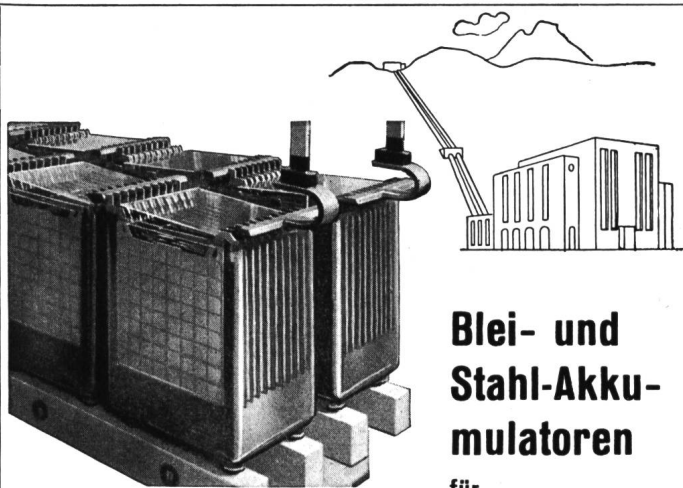
Staumauer Lucendro im Bau



Staumauer Gelmer der KWO



Stausee Grimsel der KWO



Blei- und Stahl-Akku- mulatoren

für

**KRAFTWERKE
FERNSCHALTER-ANTRIEBE
SIGNAL-ANLAGEN
NOTSTROM-GRUPPEN**

Elektrische Schienen- und
Straßenfahrzeuge
Bahnwagenbeleuchtung

Telephonzentralen
Anlaßzwecke
Diesel- oder Benzinmotoren

LECLANCHÉ S.A. YVERDON
Akkumulatorenfabrik

Für den Stollenbau



Die bewährten Original MSA-
SCHUTZHELME nur 380 g, aus zähstem
Kunstharz, verstärkt, mit und ohne Lampenhalter
HELMLAMPEN mit Original-«Edison»-Eisen-
Nickel-Batterien, Gürtel und sämtlichem Zubehör
BATTERIE-AUFLADESTATIONEN
Zahlreiche Referenzen auch in der Schweiz

Ab Lager lieferbar

Generalvertretung · Technische Beratung · Ersatzteillager

MAVEG AG. Bahnhofstraße 13
Tel. (032) 2 15 51 **BIEL**



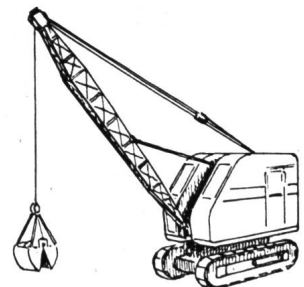
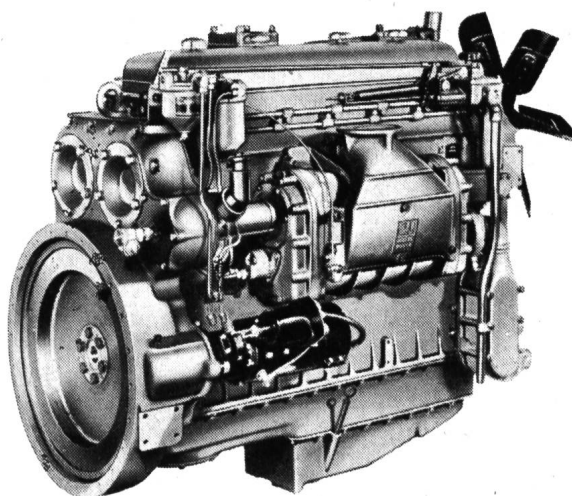
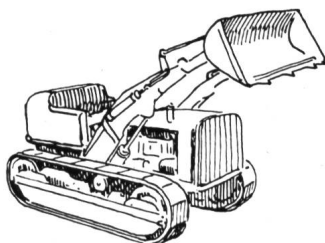
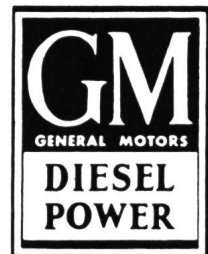
Diesel-Industriemotoren

2 BIS 6 ZYLINDER

20 BIS 300 PS

ZWEITAKT

Auf der ganzen Welt erfolgreich und für jeden Zweck verwendbar. Der GM-Dieselmotor wird auch Sie überzeugen: Kompakt, einfach, sparsam und zuverlässig – ein Motor, der für strenge Arbeit gebaut wurde.



2/54

Für Auskunft, Offerten, Revisionen und Ersatzteile steht immer zur Verfügung:

DIESEL-ABTEILUNG **GENERAL MOTORS SUISSE S.A. BIEL** TEL. (032) 2 61 61



Der Kraftwerkbau erfordert bedeutende Kapitalien. Bei der Bereitstellung der finanziellen Mittel, die für die Vorarbeiten und den Bau benötigt werden, hat unser Institut durch Gewährung von Baukrediten und Übernahme öffentlicher Emissionen stets tatkräftig mitgewirkt.

SCHWEIZERISCHER BANKVEREIN

Basel, Zürich, St. Gallen, Genf, Lausanne, La Chaux-de-Fonds, Neuenburg, Schaffhausen, Biel
Chiasso, Herisau, Le Locle, Nyon, Zofingen, Aigle, Bischofszell, Morges, Rorschach

London
99, Gresham Street, E. C. 2

New York
15, Nassau Street, N.Y. 5

Vertretung in Südamerika:
Praça Pio X, 118 - s. 1101/02, Rio de Janeiro

Aktienkapital und Reserven Fr. 226 000 000

Tochtergesellschaft:

SWISS CORPORATION FOR CANADIAN INVESTMENTS LTD., Montreal



gegründet 1890

Schiffbau

Lastmotorschiff «Rhône 2» auf dem Straßentransport von Basel nach Lausanne-Ouchy

Das Schiff wurde für doppelten Verwendungszweck gebaut:

1. als **Bodenklappschiff** und 2. als **Transportschiff** für Greiferauslad

Ausführung von Spezialkonstruktionen für den

Stollenbau

wie Teleskop-Stollenschalungen, Einbaubogen, Bohrwagen, fahrbare Betonierbühnen, etc.

Tabelle I. Zusammenstellung der baulichen Daten

	Einheiten	Seekraftwerk Zervreila bzw. Überleitungsstollen	Wanna-Safien Platz	Safien Platz-Rothenbrunnen	Rabiusa-Realta (bestehende Anlage)
<i>Staumauer</i>					
Max. Höhe über Fundament	m	151			40
Kronenlänge	m	488			80
Kronen- bzw. Fundamentbreite	m	7 bzw. 35			3,5 bzw. 27
Betonkubatur	m ³	650 000			30 000
<i>Zuleitungsstollen</i>					
Länge	m	14 200	6820	12 150	6170
Durchmesser	m	3,60	3,20	3,2/3,1	3,2/2,32
<i>Druckschächte</i>					
Länge	m		700	1120	
Durchmesser	m		2,5/2,3	2,5/2,3/2,1	
<i>Beckeninhalte</i>					
Speicherbecken	Mio m ³	100			
Ausgleichbecken	Mio m ³		0,30	0,23	0,50
<i>Gefällsverhältnisse</i>					
Kote Stauziel	m ü. M.	1862	1720	1295	1151
Kote Turbinenachse bzw. UW-Spiegel	m ü. M.	1735	1295	621	621
Max. Bruttogefälle	m	127	425	674	530
Mittl. Nettogefälle	m	125—50	408	639	513

Valè nach Zervreila ist eine durchgehende Verbreiterung auf 4,2 m Fahrbahnbreite mit den notwendigen Ausweichstellen im Bau. Im *Safiental* sind ebenfalls bedeutende Korrekturen am bestehenden Straßenkörper längs der Strecke vom Vorderrheintal bis nach Wanna nötig. Zu den hochgelegenen Fensterbaustellen der Druckschächte und Druckstollen werden Seilbahnen erstellt.

Besondere Aufmerksamkeit wurde dem Zementtransport für die Staumauer Zervreila gewidmet. Der Transport erfolgt in besonderen Behältern, und zwar von den Zementfabriken mit Silowagen der SBB bzw. der Rhätischen Bahn (Umlad in Landquart) nach Ilanz und von dort aus mit Lastwagen bis zur Baustelle. Der Umschlag des Zementes in den Stationen Landquart und Ilanz erfolgt pneumatisch über Zwischensilos. Auch auf der Staumauer-Baustelle wird für die Überführung in die Zement-silos Druckluft verwendet.

6. Übertragungsleitungen

Für die Übertragung der Energie vom Seekraftwerk Zervreila nach Safien Platz mit einer Maximalleistung von rund 20 MW dient die entsprechend ausgebaute Baustromleitung über den Tomülpaß mit einer Spannung von 50 kV. Von Safien Platz nach Rothenbrunnen wird eine 150-kV-Doppelleitung erstellt, welche die Energie der beiden oberen Zentralen nach Rothenbrunnen überträgt.

Die *Baustromversorgung* für das *Safiental* erfolgt über

eine neu erstellte 50-kV-Leitung von der bestehenden Zentrale Rothenbrunnen (Realta) über den Heinzenberg nach Eggschi und von dort über den 50-kV-Strang einer Doppelleitung nach Safien Platz und weiter bis nach Wanna. Die unteren Baustellen des *Safientales* werden überdies direkt aus der bestehenden Zentrale Rothenbrunnen über ein Stollenkabel mit 8 kV versorgt. In Safien Platz, Vals und Zervreila sind Transformatorstationen für die Abtransformierung von 50/8 kV aufgestellt. Alle Baustellen erhalten die Energie über 8-kV-Verteilungen zu den Transformatorstationen 8000/380 Volt. Die installierte Transformierkapazität 50/8 kV beträgt 14 000 kVA; für die Transformierung 8000/380 Volt sind Transformatoren mit einer Kapazität von etwa 12 000 kVA nötig.

IV. Wasserhaushalt und Energieproduktion

Die Einzugsgebiete der einzelnen Kraftwerkstufen sind in der Gesamtsituation in Abb. 1 dargestellt. Tabelle II zeigt die Größen der Einzugsgebiete.

Eingehende Untersuchungen über die Ausbaugröße ließen erkennen, daß die Anlage eines Speichers Zervreila mit 100 Mio m³ Inhalt wirtschaftliche Vorteile bietet. Durch diesen hohen Ausbau wurde dem vom Kleinen Rat des Kantons Graubünden anlässlich der Genehmigung der Gemeindekonzessionen geäußerten Wunsch Rechnung getragen, «das Becken Zervreila möglichst

Tabelle II. Einzugsgebiete der Kraftwerkgruppe Zervreila

Kraftwerkstufe	Einzugsgebiete km ²	Total km ²
<i>Seekraftwerk Zervreila</i>		
a) Natürliches Einzugsgebiet bei der Sperrstelle Zervreila	63,9	93,1
b) Einzugsgebiete der in den Stausee und den Überleitungsstollen eingeleiteten Bäche (Guralätschbach, Ampervreila, Peilerbach, Valatsch)	29,2	
<i>Einzugsgebiet des Valserrheins</i>		
<i>Kraftwerk Wanna – Safien Platz</i>		
Einzugsgebiet der Rabiusa bei der Fassung in Wanna	21,5	107,7
<i>Kraftwerk Safien Platz – Rothenbrunnen</i>		
Resteinzugsgebiet der Rabiusa bei Safien Platz (inkl. Carnusabach)	57,1	
<i>Bestehendes Kraftwerk Eggschi – Rothenbrunnen</i>		
Resteinzugsgebiet der Rabiusa bei der Sperrstelle Eggschi	29,1	200,8
<i>Einzugsgebiet der Rabiusa</i>		
Totales Einzugsgebiet		

groß auszubauen». Die mittleren Sommerzuflüsse zum Stausee Zervreila ergeben zwar nur etwa 86 Mio m³; der Rest von 14 Mio m³ wird durch die Zuleitung der Bäche Guralätsch, Ampervreila und Peil gedeckt.

Über die Betriebswassermengen, die installierte Leistung und die Benützungsdauer der einzelnen Stufen sowie die im Mitteljahr zu erwartende Energieproduktion gibt die Tabelle III Aufschluß.

Es besteht die Möglichkeit, auf der Lampertschalp ein weiteres Akkumulierbecken zu errichten. Die Benützungsdauer von rund 1500 Stunden für die beiden Hauptstufen Wanna – Safien und Safien – Rothenbrunnen würde nach einem Ausbau dieses Speichers von beispielsweise 30 Mio m³ auf 1860 Stunden erhöht.

V. Bauprogramm und Stand der Arbeiten

Das Bauprogramm für die Erstellung der Kraftwerke Zervreila umfaßt folgende Hauptdaten:

Juli 1951: Beginn des Baues des Überleitungsstollens Zervreila–Safiental.

Herbst 1954: Beginn der Wasserüberleitung vom Valserrhein zur Rabiusa.

Herbst 1957: Beginn der Erzeugung von Speicherenergie und Inbetriebnahme je einer Maschinen-Gruppe der Kraftwerke Safien Platz und Rothenbrunnen.

Tabelle III. Betriebswassermengen, installierte Leistungen und Energieproduktion

Stufe:	Seekraftwerk Zervreila	Wanna- Safien Platz	Safien Platz- Rothenbrunnen	Bestehendes Werk Rabiusa-Realta	Total
<i>Betriebswassermengen</i> in Mio m ³					
Winter	110,7	124,5	118,2	28,4	
Sommer	—	42,7	90,3	43,8	
Mitteljahr	110,7	167,2	208,5	72,2	
<i>Ausbaugrößen</i>					
Durchfluß m ³ /s	20	23	21,9	6	
<i>Installierte Leistung</i>					
Turbinen MW	20	75	111	25,5	231,5
Pumpen MW	6				6
Benützungsdauer, Std.	1250	1500	1500	1315	
<i>Energieproduktion</i> in Mio kWh					
Winter	18,6	110,7	164,8	31,9	326,0
Sommer	—	38,2	125,9	46,5	210,6
Jahr, brutto	18,6	148,9	290,7	78,4	536,6
abzügl. Pumpenergie	— 3,5	—	—	—	— 3,5
Jahr, netto	15,1	148,9	290,7	78,4	533,1

Herbst 1958: Fertigstellung der Staumauer Zervreila und Vollbetrieb der Kraftwerke.

Von den bekannten Bündner Bauunternehmungen sind die Firmen Hew & Co. und Prader & Cie., beide in Chur, mit Stollenbauarbeiten beschäftigt. Im Herbst 1953 ist durch die Unternehmung Th. Bertschinger AG, Zürich, von Safien Platz aus der Vortrieb des Stollens Wanna—Safien in Angriff genommen worden. Die Stollen- und Druckschachtbauten für die unterste Stufe Safien Platz—Rothenbrunnen werden demnächst in Angriff genommen.

Die mit dem Bau der Staumauer beauftragte «Arbeits-

gemeinschaft Staumauer Zervreila»⁴ hat gegen Ende Sommer 1953 mit den Installationsarbeiten und mit dem Aushub begonnen.

Die in den nächsten Jahren im Valser- und Safiental sowie teilweise im Domleschg zu erwartende intensive Bautätigkeit, durch welche Talbewohnern abgelegener Talschaften Arbeit verschafft wird, unterstreicht auch die wirtschaftliche Bedeutung des Kraftwerkbaues Zervreila für das eigentliche Baugebiet und darüber hinaus für den Kanton Graubünden.

⁴ Bestehend aus den Firmen AG Heinr. Hatt-Haller, Zürich; Schafir & Mugglin AG, Zürich; Hew & Co., Chur; Prader & Cie., Chur; Sigrist-Merz & Gruebler AG, St. Gallen; Toneatti & Co., Bilten.

Kriechprobleme im Boden, Schnee und Eis

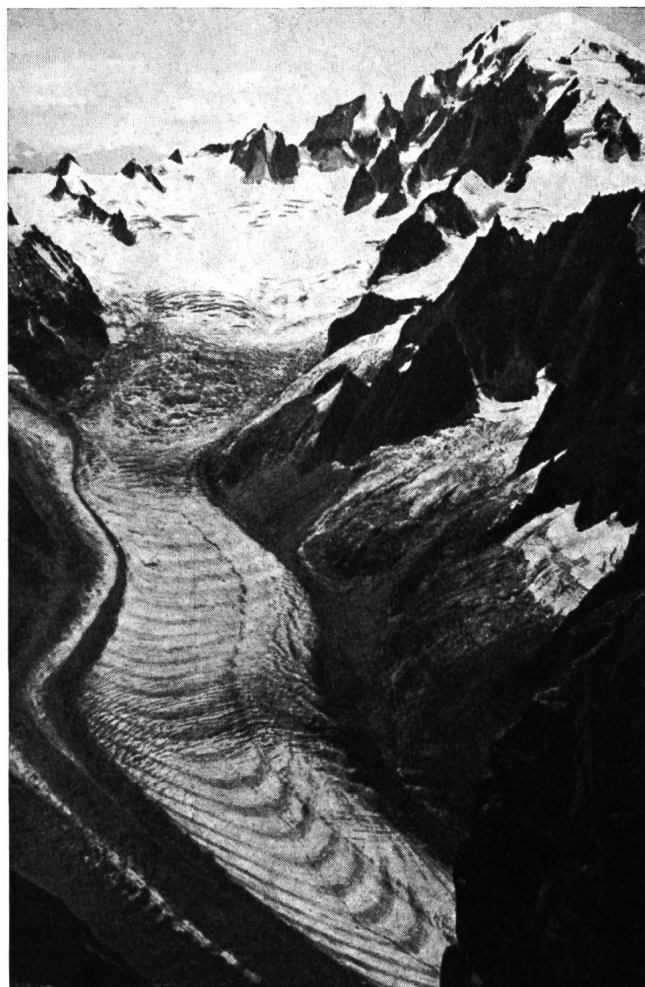
Von R. Haefeli, a. o. Professor für Erdbaumechanik, Schneekunde und Lawineverbau. Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH (VAWE), Zürich¹

DK 551.3

I. Einleitung

Wie einem versteckten Urmotiv des Naturgeschehens begegnet man in den Alpen auf Schritt und Tritt den mannigfaltigen Auswirkungen von Kriechvorgängen, die sich in der Schneedecke, im Boden oder im Gletscher vollziehen. Darin spiegelt sich nicht nur die lapidare Tatsache, daß der Faktor Zeit diese Naturphänomene beherrscht, sondern vor allem der allgemeine Charakter der Kriech- bzw. Fließprozesse, mit denen sich — ganz abgesehen von der Bodenmechanik — die verschiedensten Gebiete der Materialkunde der Technik und der Naturwissenschaften befassen. Handelt es sich doch beim Kriechen um einen Prozeß, dem streng genommen nicht nur alle Lockeraggregate, sondern auch alle Festsubstanzen mehr oder weniger unterworfen sind. Die Erforschung dieses Prozesses, die kaum begonnen hat, erfordert eine Koordination von Laboratoriumsversuchen und Feldbeobachtungen, die sich über genügend lange Zeiträume erstrecken.

Im Gegensatz zu den elastischen Formänderungen geht es beim Kriechen um jene langsamen Verformungen, die sich unter dem Einfluß konstanter oder stetig veränderlicher Scherkräfte sowohl im Raume wie in der Zeit vollkommen kontinuierlich vollziehen. In der Natur ist es vor allem die Schwerkraft, welche die zum Kriechen notwendigen Scherspannungen erzeugt. Jener Zweig der Physik, der sich mit der Deformation und dem Fließen der Materialien befaßt und damit für die Beurteilung der hier in Frage stehenden Vorgänge in erster Linie zuständig ist, indem er sowohl auf theoretischem wie auf experimentellem Wege wesentliche



Titelbild Glacier du Géant et Mt. Blanc (4810 m), von der Aiguille du Dru (Photo: A. Roch)

¹ Erweiterter Vortrag am Internationalen Kongreß für Erdbaumechanik und Foundationstechnik, Zürich 1953.