

# Die Projekte der NOK für die Kraftwerke Vorderrhein

Autor(en): **[s.n.]**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **48 (1956)**

Heft 4

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-921487>

## **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.

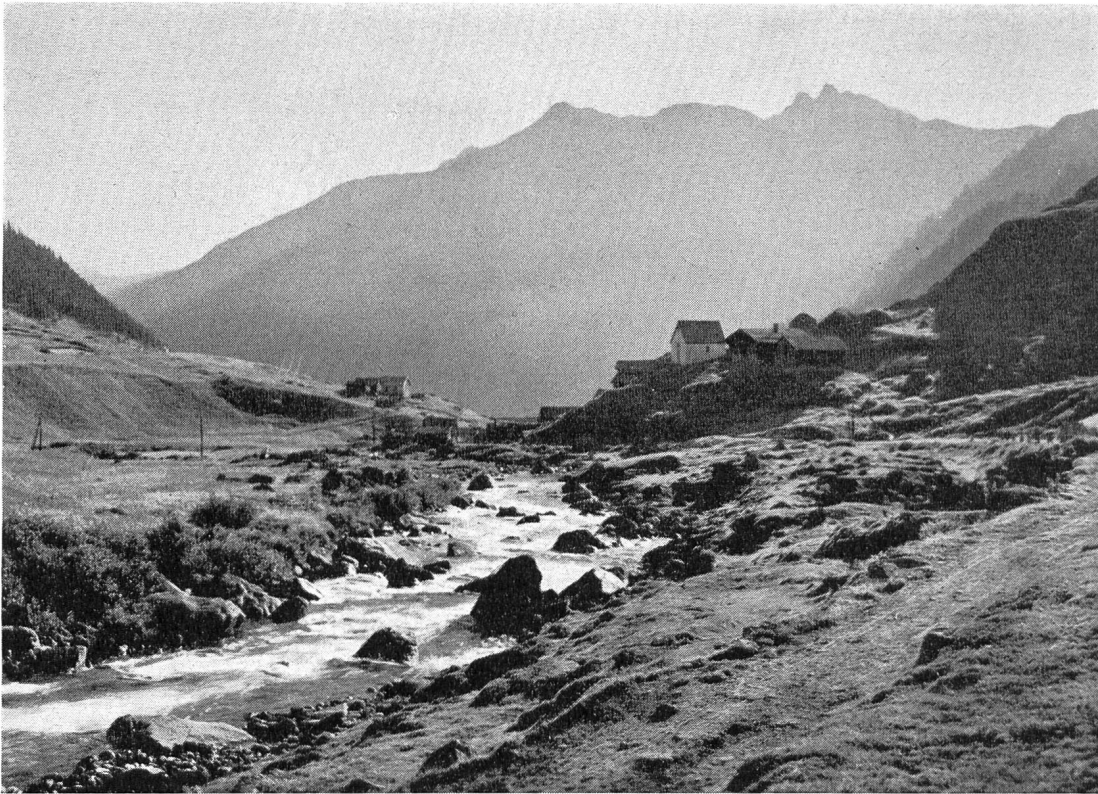


Abb. 1 Am Medelserrhein im Bündner Oberland (Photo Jules Geiger, Flims-Waldhaus)

## Die Projekte der NOK für die Kraftwerke Vorderrhein

DK 621.29 (494.262.6)

Mitgeteilt von der *Nordostschweizerischen Kraftwerke AG*, Baden (NOK)

(Nach einem Vortrag von dipl. Ing. *H. Hürzeler*, Vizedirektor der NOK, gehalten vor dem Rheinverband und der Sektion Graubünden des SIA, am 17. Februar 1956 in Chur.)

### I. Allgemeine Disposition

Beim Entwurf des Ausbauplanes für die Kraftwerke Vorderrhein waren die Grundsätze wegleitend, daß

1. die noch verfügbaren Wasserkräfte vollständig erfaßt,
2. keine Wassermengen außerhalb des Kantons Graubünden abgeleitet,
3. auch innerhalb des Kantons die Wasserkräfte soweit möglich dem natürlichen Flußlauf entlang ausgenutzt werden sollen (Abb. 2).

Der letzte Grundsatz mußte insofern eingeschränkt werden, als nicht jedem Seitenbach eine eigene Zentrale zugeordnet werden konnte; aus wirtschaftlichen Gründen muß die Kraftnutzung in einzelne größere Kraftwerke und Kraftwerkgruppen zusammengefaßt werden.

Über den Ausbauplan wurden die kantonalen und eidgenössischen Behörden schon im Juni 1954 orientiert; er war als generelles Projekt auch in der Konzessions-eingabe vom 31. Juli 1954 für die beiden oberen Stufen des Vorderrheintales, die Kraftwerke Sedrun und Tavanasa, enthalten und wurde von den Behörden als zweckmäßiger Ausbauvorschlag bezeichnet. Für die Kraftwerke Sedrun und Tavanasa haben die Gemeinden Tavetsch, Medel/Lucmagn, Disentis/Mustèr, Somvix, Trun und

Breil/Brigels den NOK zuhanden der noch zu gründenden Kraftwerke Vorderrhein AG (KVR) die Konzessionen am 13. Februar 1955 erteilt, und der Kleine Rat des Kantons Graubünden hat diese Konzessionen am 28. April 1955 genehmigt.

Mit der Eingabe vom 23. Dezember 1955 an die zuständigen 40 Gemeinden und vom 27. Dezember 1955 an den Kleinen Rat haben die NOK, wiederum zuhanden der KVR, die Konzessionen nachgesucht für die beiden untern Stufen Ilanz I und Rhäzüns des Hauptstranges, sowie für die Kraftwerke der Nebenflüsse des Vorder-rheines:

Rechtsseitig: das Kraftwerk Greina im Somvix und die Kraftwerke Tersnaus im Lugnez und Castrisch,  
Linksseitig: Die Kraftwerke Panix und Ilanz II.

Das Projekt der unteren Stufe Ilanz-Rhäzüns des Hauptstranges ist dem Ausbau der Hinterrhein-Stufen Sils-Ems und Rothenbrunnen-Ems mit dem Ausgleich-becken Rhäzüns nach dem Konzessionsprojekt vom April 1955 des Konsortiums der Domlescher Wasserkräfte (KDW) angepaßt. In diesem Konsortium sind die Ersteller der großen Speicherbecken im Einzugsgebiet des Hinterrheines: die Stadt Zürich und das Konsortium

Hinterrhein sowie des Vorderrheines: die Kraftwerke Zervreila AG und die NOK namens der KVR vertreten; erst mit der aus ihren Speicherbecken möglichen Aufbesserung des Winterabflusses werden die Domleschger Wasserkräfte überhaupt ausbauwürdig. Sollte das KDW

die nachgesuchten Konzessionen nicht erhalten, so würde die Zentrale der untersten Vorderrheinstufe nicht in Rhäzüns, sondern entweder am Vorderrhein oberhalb der Rabiusa-Einmündung oder in der Nähe von Bonaduz erstellt.

Kraftwerk	Staubecken Mio m <sup>3</sup>	Nutz- wasser- menge Q <sub>A</sub> m <sup>3</sup> /s	Brutto- gefälle H <sub>b</sub> m	Inst. Leistung P kW	Mittlere mögliche Energieproduktion Mio kWh		
					Winter	Sommer	Total
Sedrun Tavanasa	Nalps 40 Sta Maria 70 Curnera 30	26,5	590	120 000	201	60	261
		31,0	482	120 000	226	313	539
	140			240 000	427	373	800
Greina	Greina 63	11,4	983	80 000	143	19	162
Tavanasa, Anteil Greina		12,0	482	40 000	59	—40	19
Ilanz I		45,5	93,5	29 000	63	83	146
Tersnaus	Silgin 35	10,0	298	22 000	37	68	105
Castrisch		12,0	217	17 000	29	60	89
Panix	Frival 40	7,6	489	27 000	47	23	70
Ilanz II	Panix 15	12,8	764	74 000	128	128	256
Rhäzüns		75,0	81	41 000	88	133	221
Ems, Anteil KVR				18 000	39	59	98
	153			348 000	633	533	1166
Vollausbau	293			588 000	1060	906	1966

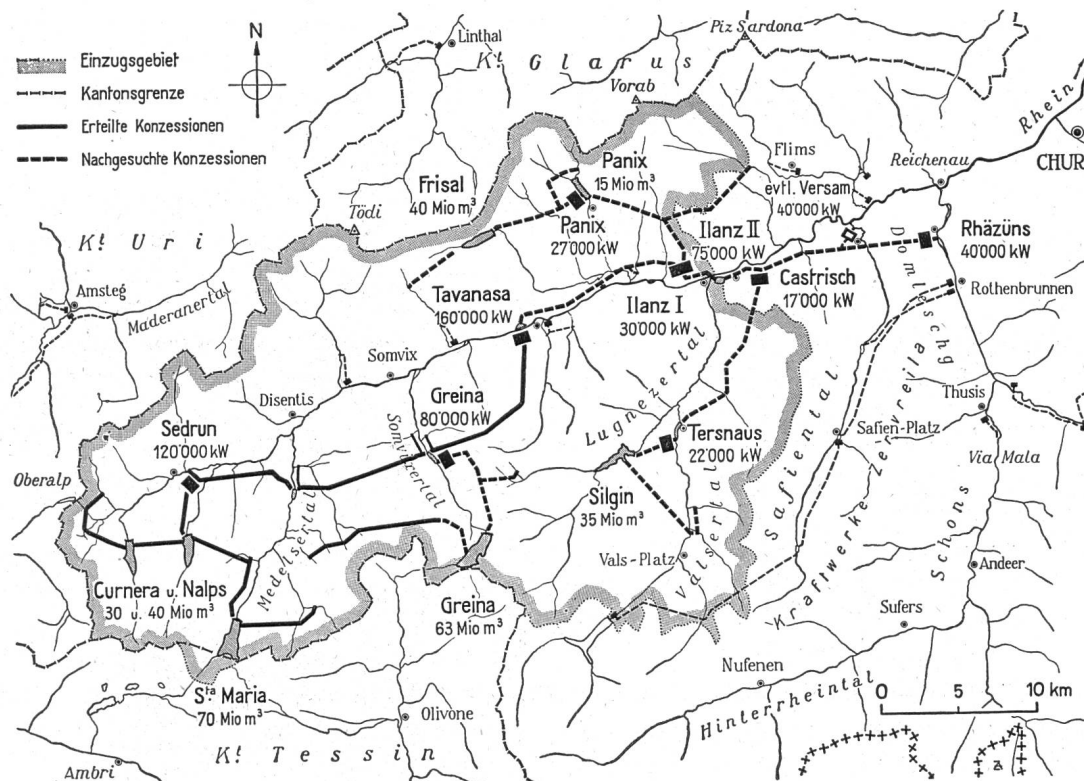


Abb. 2 Lageplan der projektierten Vorderrhein-Wasserkraftanlagen, 1:500 000

## II. Ausbaugröße und Energieproduktion

Über Staubecken, Ausbauwassermengen, Bruttogefälle, installierte Leistung und Energieproduktion im Jahresmittel orientieren die Längenprofile (Abb. 3, 4) und vorstehende Tabelle. Die Ausbauleistungen und damit die Ausbauwassermengen der einzelnen Kraftwerkstufen wurden in der Weise bestimmt, daß bei Aufteilung der Winter-Energieproduktion auf die einzelnen Monate entsprechend der Wertigkeit der Energie gemäß den «Richtlinien des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes» die gesamte Winterenergie als hochwertige Werktags-Tagesenergie abgegeben werden kann.

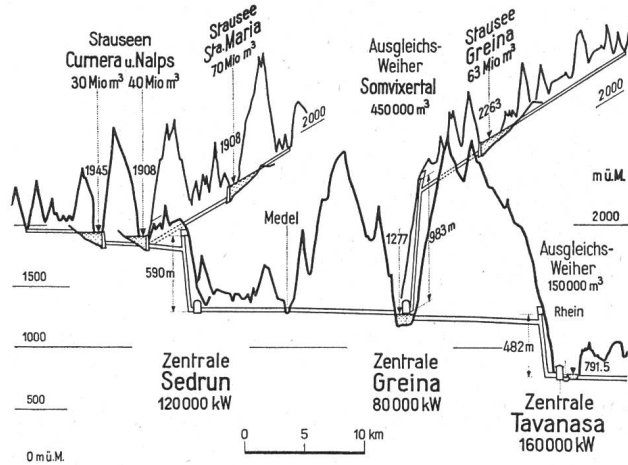


Abb. 3 Schematisches Längenprofil der Vorderrheinkraftwerke, oberer Teil

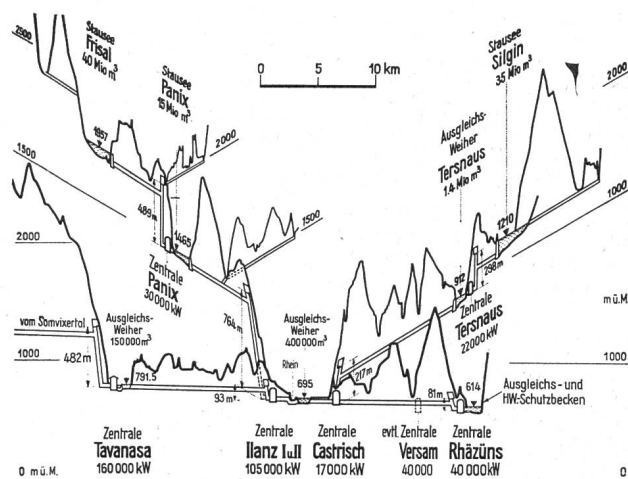


Abb. 4 Schematisches Längenprofil der Vorderrheinkraftwerke, unterer Teil

In den Kraftwerken Sedrun und Tavanasa, für welche die Konzessionen erteilt sind, werden nach Erstellung der drei Staubecken Nalps, Sta Maria und Curnera mit einem Gesamthalt von 140 Mio m<sup>3</sup>, an installierter Leistung

240 000 kW zur Verfügung stehen und in einem mittleren Jahr 800 Mio kWh produziert werden, davon 54 % im Winter mit 74 % hochwertiger Speicherenergie und 46 % im Sommer. Mit dem Stausee Nalps allein werden die Kraftwerke Sedrun und Tavasana 566 Mio kWh im Jahr erzeugen, davon im Winter rund 30 % mit 54 % Speicherenergie. Nach dem im Konzessionsprojekt vorgesehenen Vollausbau wird die installierte Leistung 588 000 kW und die Energieproduktion 1966 Mio kWh betragen, 54 % im Winter mit 73 % Speicherenergieanteil und 46 % im Sommer.

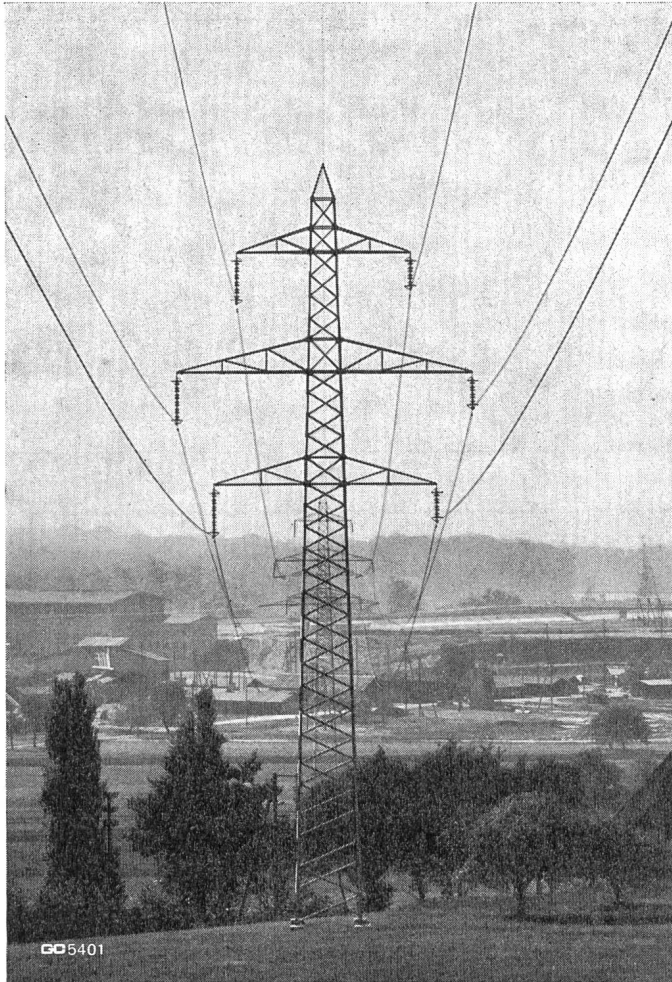
Nach den generellen Kostenvoranschlägen ist für die beiden Stufen Sedrun und Tavanasa, bei letzterer unter Berücksichtigung der Dimensionierung von Stollen und Druckschacht für den späteren Einbezug der Greina, mit Anlagekosten von rund 400 Mio Fr., für den Gesamtausbau von rund 1 Mrd Fr. zu rechnen. Es ergeben sich damit spezifische Anlagekosten von rund 0,50 Fr./kWh sowohl für die Stufen Sedrun und Tavanasa wie für den Vollausbau, woraus sich bei einem Jahreskostenansatz von 6,5 % die Gestehungspreise ab Werk für die mittlere jährliche Energieproduktion zu 3,25 Rp./kWh berechnen. Nimmt man ein Wertigkeitsverhältnis für Sommer- zu Winterenergie von 1 : 2 an, so betragen die Gestehungspreise ab Werk rund 2,1 : 4,2 Rp./kWh. Zum Vergleich sei angeführt, daß für das Kraftwerk Zervreila die unter den gleichen Annahmen berechneten Gestehungspreise 2,0 : 4,0 Rp./kWh betragen, wobei der Anteil der Speicherenergie an der Winterenergie auch rund 75 % ausmacht.

Die Wasserkräfte des Vorderrheingebietes gehören nicht zu den billigsten. Das liegt einmal daran, daß die Sperrstellen für die Speicherbecken nicht ausgesprochen günstig sind; mit 1 m<sup>3</sup> Sperrbeton lassen sich in den Becken Curnera, Nalps und Sta Maria 80 m<sup>3</sup> Wasser stauen, gegenüber z. B. 154 m<sup>3</sup> bei der Zervreilasperre. Sodann ist das Gefälle des Haupttales klein, so daß zur Erschließung der einzelnen Gefällsstufen sehr lange Stollen erstellt werden müssen. Für das gesamte Bruttogefälle von rund 1300 m vom Stausee Nalps bis nach Rhäzüns sind rund 56 km Stollen nötig, während z. B. bei den Blenio-Kraftwerken, wo im Stausee Luzzone mit 1 m<sup>3</sup> Sperrbeton auch ungefähr 80 m<sup>3</sup> Wasser gespeichert werden können, für das gleich große Gefälle von Luzzone bis Biasca nur 28 km Stollen zu bauen sind. Der Ersteller der teuren Speicherbecken sollte das gesamte Gefälle ausnützen können; die Wirtschaftlichkeit des Gesamtausbauplanes wird erheblich vermindert, wenn die untern, nicht mit Speicherkosten belasteten Stufen abgetrennt, oder wenn in Zwischen- und Nebenstufen die günstigsten Gefällsstrecken herausgebrochen und damit die restlichen Wasserkräfte entwertet werden.

Nachdem der Kanton Graubünden in der Volksabstimmung vom 4. September 1955 die Beteiligung an



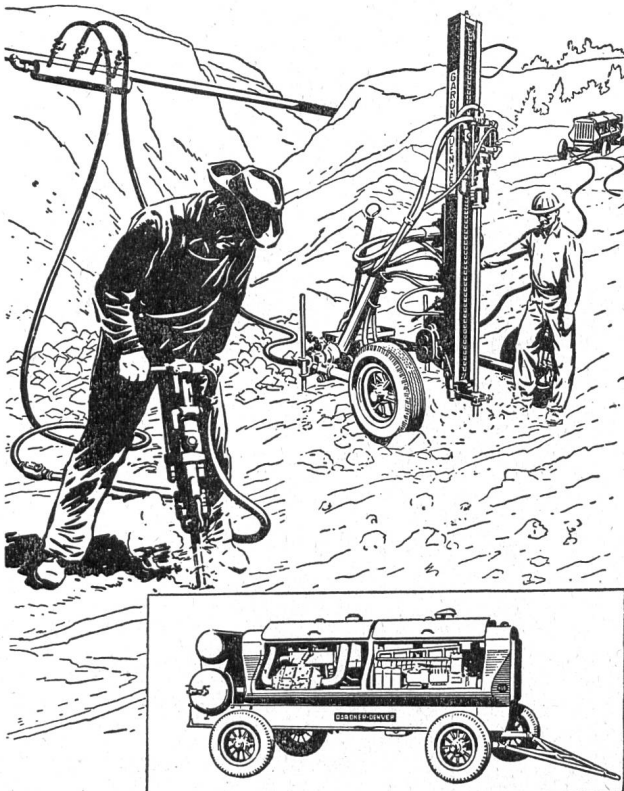
**GO**



**Leitungsmaste**

**Geilinger & Co  
Winterthur**

**Druckluft-Kompressoren und -Werkzeuge**



**GARDNER-DENVER**

**betriebsicher**

und

**zuverlässig**

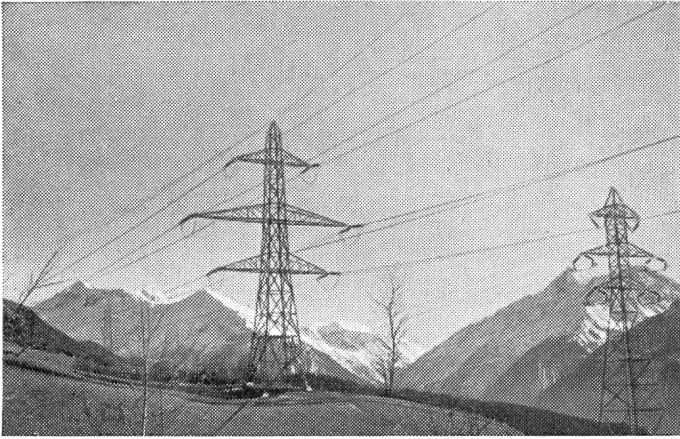
Alleinvertretung für die Schweiz:

**U. A M M A N N**

**MASCHINENFABRIK AG**

**Tel. (063) 2 27 02**

**LANGENTHAL**

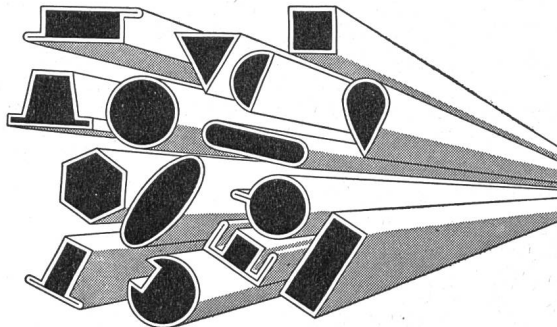


## WALTER HÄSLER

ELEKTRISCHE UNTERNEHMUNGEN  
**SPIEZ** Tel. 75181 / **ZÜRICH** Tel. 331490

Erstellen von

- Hoch- und Niederspannungsleitungen
- Spannungsumbauten / Kabelanlagen



Präzisions-  
 Stahlrohre  
 Profil-  
 Stahlrohre

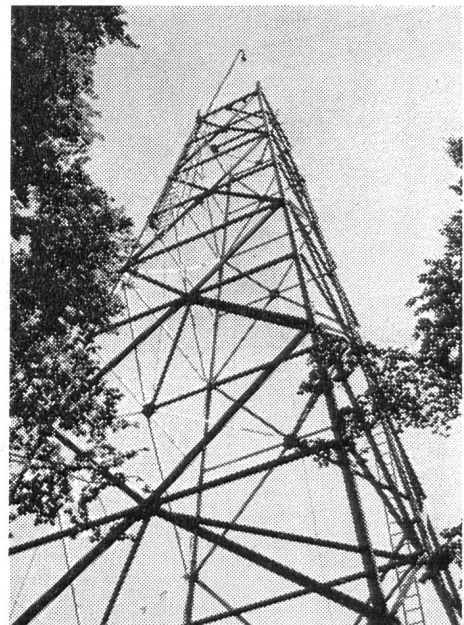
Stahlröhren- und Sauerstoffwerke, **JANSEN** & Co. AG, Oberriet SG, Tel. (071) 78244



**NIFE**  
 Stahlakkumulatoren  
 sind unverwüstlich!

Selen-Gleichrichter, Sangamo  
 Ah - Zähler für alle Stromstärken.

**H. Hürli**mann, dipl. Ing. ETH. ZÜRICH, Sihlquai 75  
 Tel. (051) 42 54 41



KRANANLAGEN

MASTENBAU

KESSELBAU

**O. ISENSCHMID & SOHN**  
**KÜSSNACHT a. R.**

EISENKONSTRUKTIONEN



Julierstraße bei Marmorera

***Stuag***

*Schweiz. Straßenbau- und  
Tiefbau-Unternehmung AG*

**Chur**, Viktoriastraße 10

Telephon (081) 2 17 47

**Plus**

Accumulatorenbatterien für alle Zwecke

Grösste Lebensdauer Beste elektrische Eigenschaften

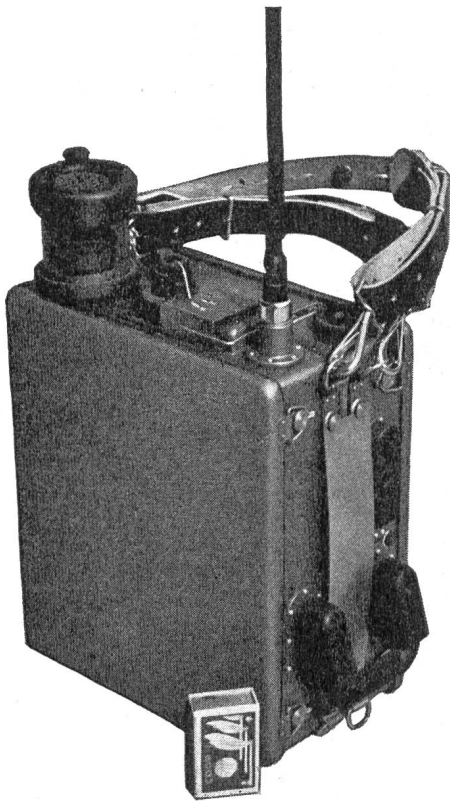
**PLUS A.G., BASEL**

ACCUMULATOREN UND ELEKTRISCHE APPARATE · MÜHLEGRABEN 3 TEL. 23 79 10



# FM-UKW Radiotelefonie

schnell - sicher - störungsfrei  
mit dem tragbaren Funksprechgerät



## TELEFUNKEN TELEPORT IV

**für:** Baustellen, Vermessung, Leitungsunterhalt,  
Seilbahnen, Lawinendienst, Bahndienst, Rettungs-  
dienst, Flugfunk, Schiffsfunk



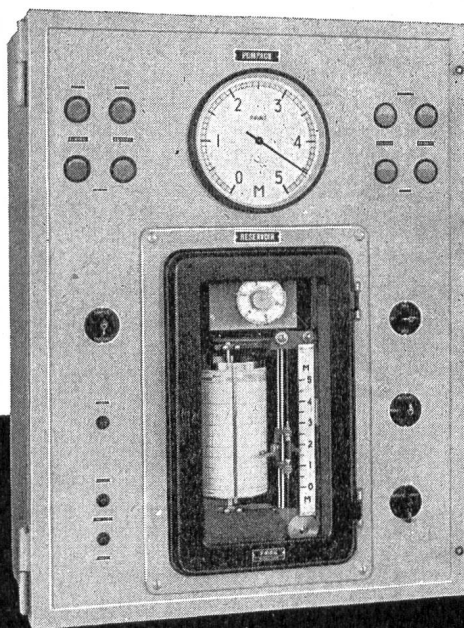
**Technische Merkmale:** Frequenzbereich 67 bis  
174 MHz, 1-6 Kanäle, Tonfrequenzruf, Betrieb an  
Netz oder Akkumulator für 8 Stunden Normalbetrieb,  
vielseitige Ausbaumöglichkeiten, spritzwasserdich-  
tes, wetterfestes Gehäuse  
Masse: 280 x 210 x 60 mm, Gewicht: ca. 6 kg

Generalvertretung für die Schweiz

## ELEKTRON AG

ZÜRICH 27 TELEFON (051) 25 59 10

## WASSERSTANDSMELDEANLAGEN



Komplette Wasserstandsmeldeanlagen mit  
Regulierung und Fernsteuerung für Pump-  
stationen, Wasserkraftwerke, Reservoirs usw.

**Sprechende Wasserstands-Fernmelder**

# FAVAG

Fabrik elektrischer Apparate AG.

NEUCHÂTEL

den KVR mit 10 % beschlossen hat, wird ihm ein entsprechender Anteil an Leistung und Energieproduktion gegen Vergütung des Jahreskostenanteiles zur Verfügung stehen. Neben dem Kanton haben auch die Gemeinden das Anrecht auf eine gleich hohe Beteiligung, so daß nach dem Vollausbau Kanton und Gemeinden rund 400 Mio kWh zu den Gesteungskosten von den KVR beziehen könnten; diese Energiemenge entspricht dem Energiebezug der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke und des Elektrizitätswerkes des Kantons Schaffhausen zusammen bei der NOK. (In den inzwischen durchgeführten Abstimmungen haben die sechs Konzessionsgemeinden und die Gemeinde Schlans eine Beteiligung von zusammen rund 4 % an den beiden Stufen Sedrun und Tavanasa der KVR beschlossen.)

### III. Geologische Verhältnisse

Entscheidend bei der Gesamtdisposition des Projektes für die Kraftwerke Vorderrhein, insbesondere für die Trassierung der Stollen, sind die geologischen Verhältnisse des Gebietes (Abb. 5). Als geologischen Experten haben die NOK Prof. Dr. Leupold von der ETH beigezogen; für die Gebiete nördlich des Vorderrheines stand ihm der Geologe E. Weber, Maienfeld, zur Seite, und bei den Detailaufnahmen im Gelände waren auch die Assistenten Locher und Hunger tätig. Prof. Leupold hat schon bei früheren Projektstudien für die Ausnützung der Greina und anschließender Gebiete mitgewirkt und verfügt über eine eingehende Kenntnis des ganzen Gebietes; ihm verdanken wir auch die geologische Karte und die geologischen Profile.

Im westlichen Teil wird die geologische Situation beherrscht von den beiden großen kristallinen Massiven, dem Aarmassiv im Norden und dem Gotthardmassiv im Süden. Zwischen beide ist vom Oberalppaß nach Osten, bis ungefähr Truns, das Tavetscher Zwischenmassiv eingeschaltet, ein ebenfalls kristallines Massiv, aber stärker gepreßt und geschiefert. Gegen das Aarmassiv ist das Tavetscher Zwischenmassiv von Disentis nach Westen durch die enggepreßte Sedimentmulde von Disentis, gegen das Gotthardmassiv durch die Sedimentzone der Urseren-Curaglia-Garvera-Mulde getrennt. Im Süden, im Gebiete des Lukmanierpasses, folgt der südliche Sedimentmantel des Gotthardmassives. Die drei kristallinen Massive haben ein Axengefälle nach Osten; sie tauchen nach Osten unter ihre Sedimenthülle, die Trias von Obersaxen, den Verrukano von Ilanz und die Bündner Schiefer des Lugnez. Die kristallinen Schichten stehen steil und streichen ungefähr parallel zu den Massivaxen von Westen nach Osten.

Aus diesem geologischen Aufbau ergeben sich grundsätzliche Unterschiede für die Stollenbauten nach ihrer Lage und Richtung. Stollen im westlichen Gebiet werden im wesentlichen die kristallinen Gneise durchfahren,

während die Stollen im östlichen Gebiet zur Hauptsache in den Bündner Schiefen liegen. Stollen, die in Richtung Nord-Süd verlaufen, sind quer zum Streichen der Schichten gerichtet und damit bautechnisch in einer günstigeren Lage als Stollen, die von Westen nach Osten und damit in der Streichrichtung der Schichten verlaufen. Vor dem Austritt ins Vorderrheintal müssen die SN-gerichteten Stollen jedoch die Sedimentzone der Urseren-Garvera-Mulde kreuzen, wo sie auf bautechnisch ungünstige Gesteinsschichten, wie weiche schiefrige Phyllite und insbesondere auf die im Stollenbau gefürchtete Rauwacke stoßen können. Mit den an Hand der Feldaufnahmen der Oberflächenaufschlüsse in die Stollenhorizonte hinein konstruierten Schichtlagen wurden vom Geologen die Stollentrassen des Projektes festgelegt, wobei in einigen Punkten genauere Anpassungen an die geologischen Verhältnisse auf Grund weiterer Detailaufnahmen noch vorbehalten bleiben.

Die Trassewahl sei für die Stollen des Hauptstranges etwas näher beschrieben.

Die zwei Staubecken Nalps und Curnera liegen ganz, das Staubecken Sta Maria liegt noch mit seinem nördlichen Teil im Kristallin des Gotthardmassives, der südliche Teil erstreckt sich bereits in die Sedimentzone. Die Zuleitungs- und Verbindungsstollen der drei Stauseen verlaufen auf ihrer ganzen Länge im Kristallin; der Druckstollen vom Stausee Nalps zum Wasserschloß auf der Alp Tgom oberhalb Sedrun durchquert die Urseren-Garvera-Sedimentmulde und stößt mit dem Druckschacht ins Tavetscher Zwischenmassiv vor. Der Ablaufstollen von der Zentrale Sedrun verläuft zuerst parallel zum Haupttal im kristallinen Zwischenmassiv und führt dann querschlägig durch die Urseren-Garvera-Schichten in das Gotthardmassiv bei Platta im Medelsertal zurück, wo das Tal vom Stollen im anstehenden Fels gekreuzt werden kann. Der 9,1 km lange, fensterlose Überleitungsstollen vom Medels ins Somvix biegt zwischen den durch Felsschwellen fixierten Talkkreuzungspunkten etwas nach Süden aus, um mit Sicherheit im Gotthardmassiv zu bleiben und dessen nördlichen Sedimentmantel nicht anzuschneiden. Der 10,8 km lange Druckstollen vom Somvix nach Obersaxen im Vorderrheintal muß ebenfalls ohne Fenster ausgeführt werden. Anfänglich war ein Fensterstollen vom Val Zavrägia aus vorgesehen; dieser Fensterstollen hätte jedoch eine sehr große Länge erhalten und nicht nur die vor dem Kristallin gelegene Sedimentzone, sondern auch die große Sakkungsmasse im hintern Val Zavrägia durchfahren müssen. Das Projekt des Fensterstollens wurde daher aufgegeben.

Das Trasse des Druckstollens hält sich nun auf rund 7 km Länge noch im Gotthardmassiv, biegt dann nach N ab und durchquert auf voraussichtlich etwa 300 m sandige Tonschiefer der Sedimentzone, um anschließend



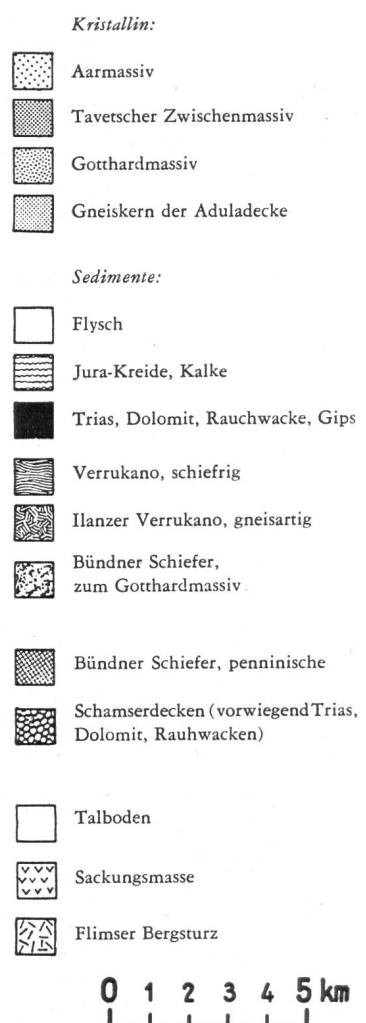
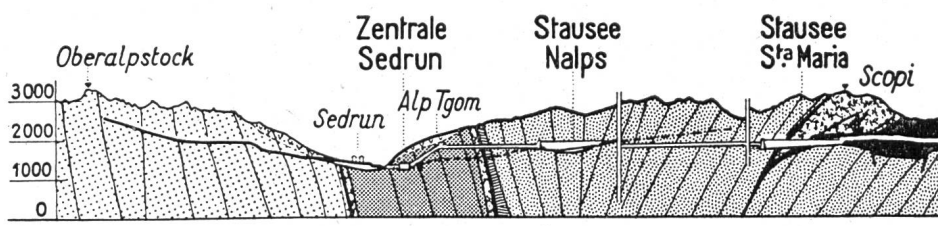
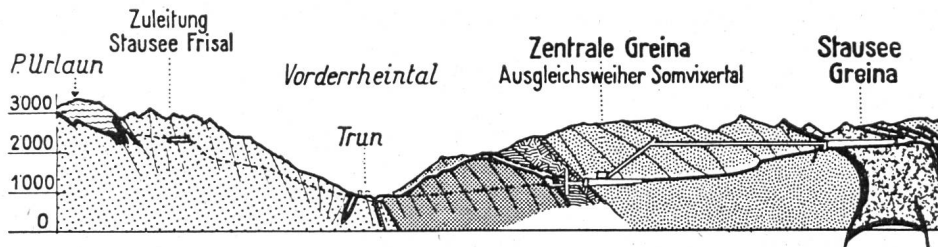
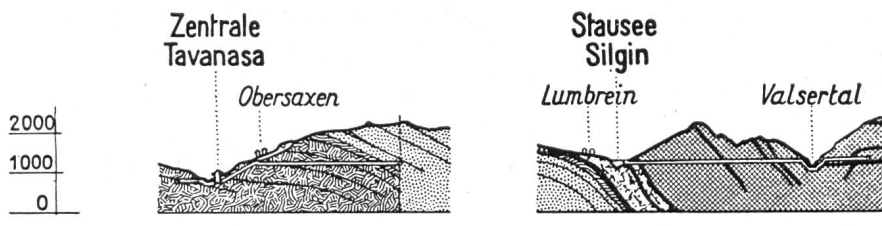
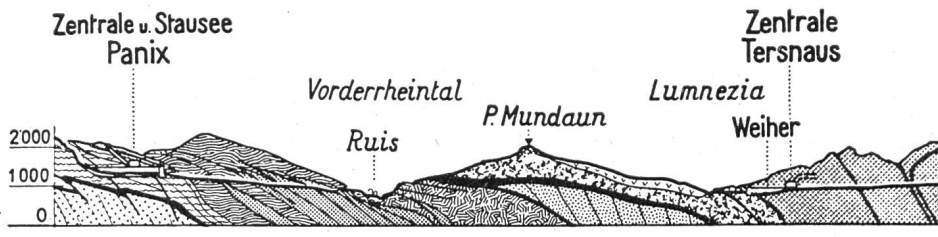
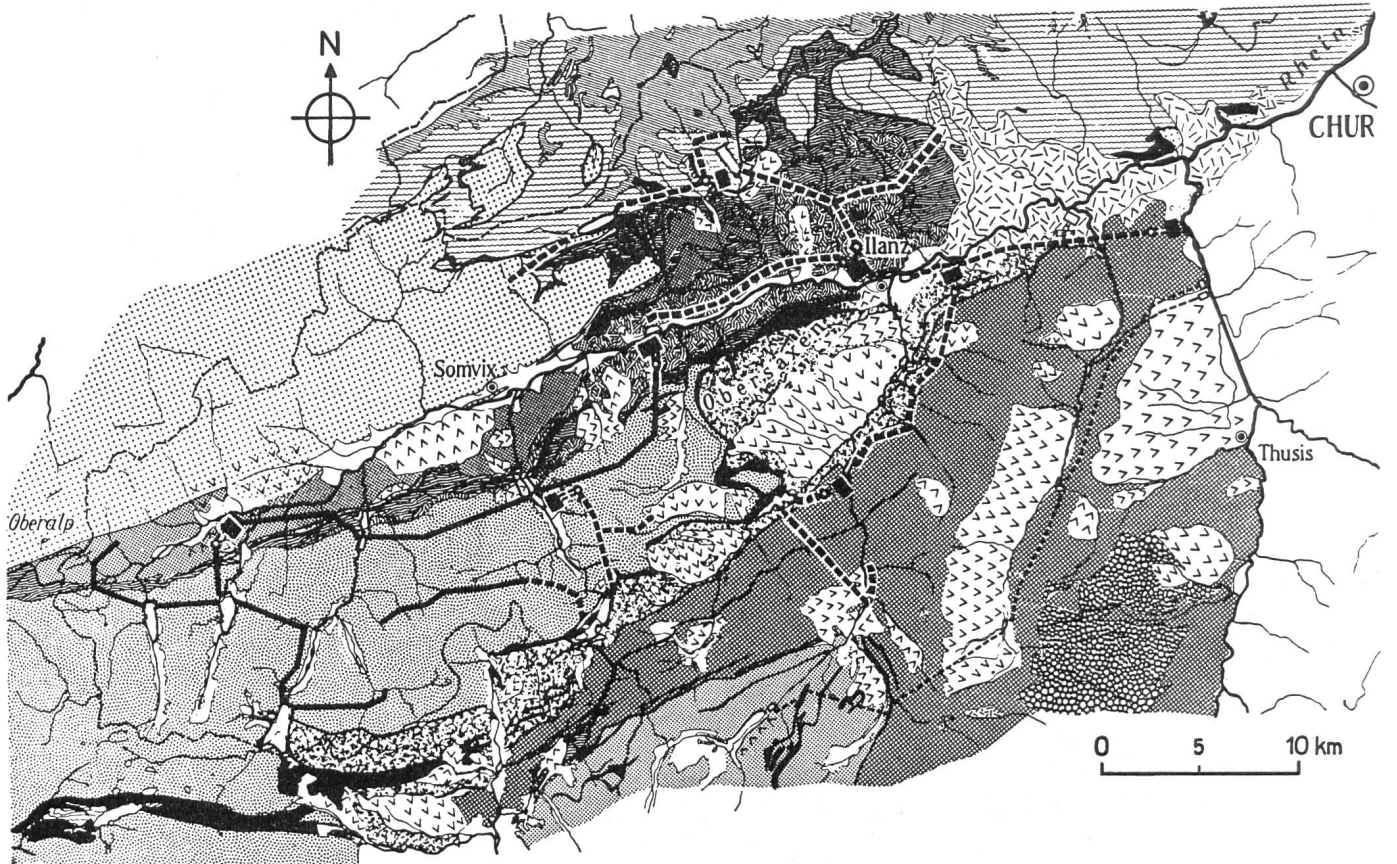
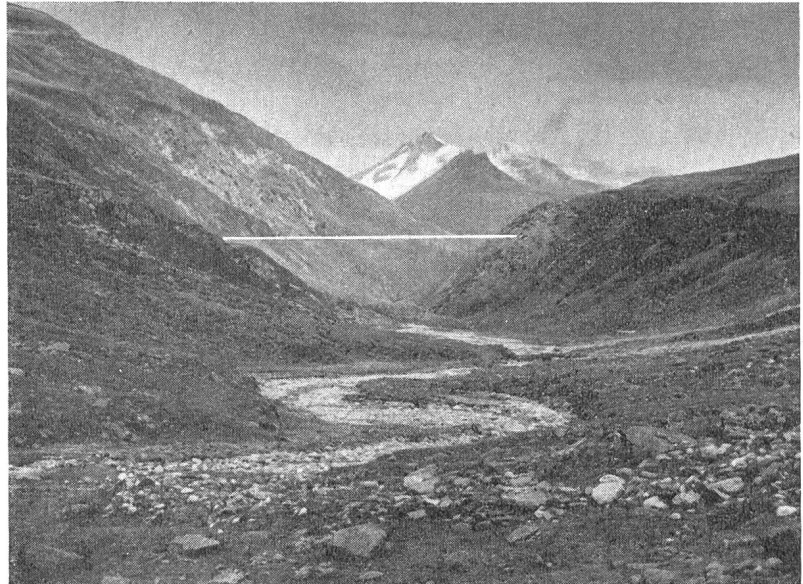


Abb. 5 Geologische Übersichtskarte 1:400 000 und dazugehörige Profile 1:200 000, nach Prof. W. Leupold

Abb. 6 Val Nalps, Blick auf Staubecken und Sperrstelle von Kote 1860 aus (Photo H. Hürzeler)



noch rund 3,5 km im bautechnisch günstigen Ilanzer Verrukano das Wasserschloß bei Hanschenhaus auf der Terrasse von Obersaxen zu erreichen; im Verrukano kann auch der gesamte Druckschacht zur freistehenden Zentrale Tavanasa ausgebrochen werden.

Eine Fortführung des Stollens vom Somvix in einer Stufe bis nach Ilanz scheidert an den Triasschichten von Obersaxen, die auch im tieferliegenden Horizont der Zentrale Tavanasa auf der rechten Talseite den Weg sperren, so daß der Stollen der Stufe Tavanasa-Ilanz auf die linke Talseite, in den Verrukano, gelegt werden muß.

Nach Ilanz wird der Stollen durch die Massen des Flimser Bergsturzes gezwungen, in einem Düker unter dem Rhein hindurch wieder auf die rechte Talseite hinüber zu wechseln. Der Talboden von Castrisch wird in einer in offener Baugrube erstellten Rohrleitung gequert; nach

etwa 1,5 km kann an dem zum rechten Rheinufer vorstoßenden Felshang, wo auch die Zentrale der unteren Glennerstufe vorgesehen ist, der Stollen ansetzen, der bis Rhäzüns im Bündner Schiefer verläuft.

#### IV. Bauliche Anlagen der einzelnen Kraftwerke

##### 1. Kraftwerk Sedrun

Von den drei Staubecken

Nalps	Inhalt 40 Mio m <sup>3</sup>	Staukote 1908.00
Sta Maria	Inhalt 70 Mio m <sup>3</sup>	Staukote 1908.00
Curnera	Inhalt 30 Mio m <sup>3</sup>	Staukote 1945.00

soll das Becken Nalps zuerst, gleichzeitig mit den übrigen Bauten der beiden Stufen Sedrun und Tavanasa, erstellt werden. Die Stauspiegel Nalps und Sta Maria liegen auf gleicher Höhe; die beiden Becken bilden kom-



Abb. 7 Val Medel, Staubecken und Sperrstelle Santa Maria (Photo H. Hürzeler)

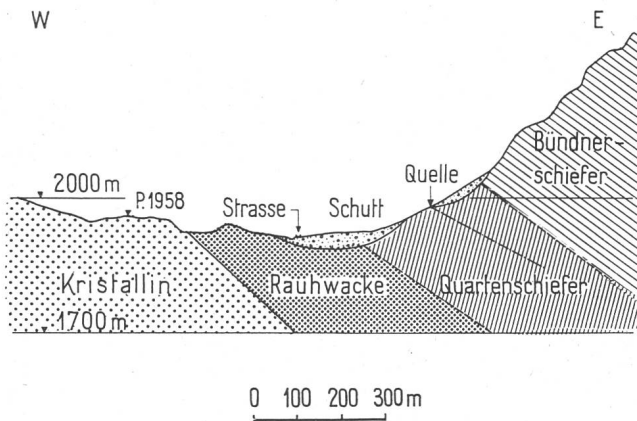


Abb. 8 Geologisches Profil W—E durch die Lukmanier Paßhöhe

munizierende Gefäße. Der Stauspiegel von Curnera liegt 37 m höher; sollte das Becken Sta Maria aus noch zu besprechenden geologischen Gründen mit weniger als 70 Mio m<sup>3</sup> Inhalt ausgeführt werden müssen, so ließe sich eine wenigstens teilweise Kompensation durch einen etwas höheren Stau im Becken Curnera erreichen. Dabei wird noch abzuklären sein, ob es wirtschaftlich ist, die Niveaudifferenz zwischen Curnera und Nalps in einem kleinen automatischen Kraftwerk auszunützen.

Die Sperrstelle im Val Nalps (Abb. 6) liegt in den Glimmergneisen des Gotthardmassives. Ein aus dem linken Hang vorspringender Felsriegel, der als Schwelle auch das Flußbett quert und hier nach S gegen die Schotterfüllung des Talbodens ziemlich steil abfällt, legt das Profil der Sperre in engen Grenzen fest. Der vorläufig erst durch seismische Messungen von Dr. Knecht und Süßtrunk abgetastete Felsverlauf im Fundament der Sperre ist durch Sondierbohrungen noch näher aufzuschließen. Bei den vorliegenden topographischen und

geologischen Verhältnissen ist eine gerade Gewichtsmauer mit Fugenhohlräumen das zweckmäßigste Abschlußbauwerk. Mit einer maximalen Höhe von 100 m und einer Kronenlänge von 450 m, davon 120 m mit kleiner Mauerhöhe auf dem Felsriegel, wird die Sperre eine Betonkubatur von 650 000 m<sup>3</sup> erfordern. Sand und Kies lassen sich nach den vorgenommenen Sondierungen und Materialproben im Talboden des spätern Staubeckens gewinnen, im hinteren Teil in petrographisch etwas besserer Qualität, wobei aber in jedem Fall für einen frostbeständigen Beton eine sorgfältige Feinsandtrennung nötig sein wird.

An der Sperrstelle von Sta Maria am Lukmanier (Abb. 7), direkt oberhalb der Straßenbrücke bei der Alp Stgegja, ist durchgehend der massive Medelser Granit des Gotthardmassives anstehend. Leider sind die topographischen Verhältnisse nicht gerade günstig; das Talprofil ist sehr weit, so daß eine geradlinige Gewichtsmauer mit Fugenhohlräumen bei 100 m Höhe eine Kronenlänge von 450 m erhalten und 730 000 m<sup>3</sup> Beton benötigen würde. Als Abschluß wird hier noch eingehender ein Steinbrockendamm mit wasserseitiger, überschütteter Dichtungshaut zu untersuchen sein. Nach den generellen Vorprojekten und Kostenberechnungen liegen beim Dammbau die Probleme, die in wirtschaftlich befriedigender Weise noch gelöst werden müssen, im Steinbruchbetrieb und in der Verdichtung der Steinschüttung. Weniger eindeutig als bei der Sperrstelle sind die geologischen Verhältnisse am Süden des Staubeckens (Abb. 8), das, wie bereits erwähnt, in den südlichen Sedimentmantel des Gotthardmassives eingreift. In einem Profil quer über den Paß-Sattel der Lukmanierstraße wird das im W gelegene Kristallin des Gotthardmassives von der steil nach O einfallenden Sedimenthülle überdeckt; zuerst eine



Abb. 9 Lukmanier Paßhöhe: Blick gegen Norden, links Piz Lai Blau und Piz Gannaretsch (Photo H. Hürzeler)



Abb. 10 Val Curnera, Sperrstelle talauswärts gesehen  
(Photo H. Hürzeler)



mächtige Schicht von Rauhacke, darüber Quarten Schiefer und Bündner Schiefer. Der Sedimentmantel zieht durch den Paßrücken nach Süden gegen Casaccia durch (Abb. 9); die Rauhacke fällt in Felswänden steil ab, an deren Fuß die große Pertusioquelle entspringt. Es ist bekannt, daß die Abflußmengen des oberen Val Blenio, vor allem im Winter, außergewöhnlich hoch sind, und die Vermutung liegt nahe, daß bei den vorhandenen geologischen Untergrundverhältnissen unterirdische Zuflüsse aus topographisch fremden Einzugsgebieten beteiligt sind, die bei einem Aufstau im Becken Sta Maria in vermehrtem Maße spielen und damit zu untragbaren Sickerverlusten führen könnten. Um diese Frage abzuklären, haben die NOK unter Leitung ihres geologischen Experten Sondierbohrungen mit Wasserabpreßversuchen in der Rauhacken-Zone der Lukmanier-Paßhöhe durchgeführt. Der abschließende Bericht des Geologen liegt noch nicht vor; die Verluste bei den Wasserabpreßversuchen in den Bohrlöchern waren jedoch nicht groß; sie genügten nicht, um Färbungsversuche ansetzen zu können. In der Schotterüberdeckung und in der Rauhacke ist Grundwasser vorhanden, das sich kaum halten könnte, wenn der Felsuntergrund stark durchlässig wäre.

Die *Abschlußstelle im Val Curnera* (Abb. 10) liegt wie diejenige vom Val Nalps in den Glimmergneisen des Gotthardmassives; das Profil und die beiden Felsflanken eignen sich für die Erstellung einer Bogenmauer, die bei 130 m Höhe und 300 m Kronenlänge 340 000 m<sup>3</sup> Beton erfordern wird. Das Betonzuschlagsmaterial wird sich auch hier aus den Schutthalden der Talhänge gewinnen lassen. In beiden Tälern Nalps und Curnera wird durch den Aufstau magerer, schuttübersäter Weideboden unter Wasser kommen (Abb. 11).

Während die Zuleitungstollen zu den drei Staubek-

ken ganz im Kristallin verlaufen, muß der Druckstollen aus dem Staubecken Nalps zum Wasserschloß auf der Alp Tgom die weichen Phyllitschiefer und die Trias der Urseren-Garvera-Schichten durchfahren, um in das Kristallin des Tavetscher Zwischenmassives zu gelangen, in dem der Druckschacht und die Kavernenzentrale Sedrun liegen. Auch das Tavetscher Zwischenmassiv weist weichere Serizit- und Glimmerschiefer auf, die in einem letzten Sommer und Herbst auf der Alp Tgom vorgetriebenen, 220 m langen Sondierstollen aufgeschlossen worden sind; sie haben sich dabei als relativ standfest und nur wenig wasserführend erwiesen; immerhin ist in der Decke und an den Seiten mit Stauchungen und Quetschungen zu rechnen, die bei längerem Stehenlassen ohne Betonverkleidung zu Druckerscheinungen führen könnten.

Die Zentrale Sedrun ist als Kavernenzentrale vorgesehen; sie muß auf das durch die Talkkreuzungen im Somvix und Medels festgelegte Stollenniveau heruntergesetzt werden, wodurch der Maschinensaalboden ungefähr 20 m unter die Sohle des Vorderrheines zu liegen kommt. Die Lage der Kaverne samt Druckschacht und Wasserschloß im Berginnern wird durch die ziemlich komplizierten lokal-geologischen Verhältnisse bestimmt. Der ganze bewaldete rechtsseitige Talhang bei Sedrun zeigt einen von der Talsohle bis zum Kamm reichenden Hakenwurf der Gneisschichten (Abb. 12). Während diese Schichten normalerweise ein Fallen von etwa 70° nach SE aufweisen, sind sie innerhalb dieses Hanges oberflächlich gegen das Tal hin umgeklappt, wie die Seiten eines auf den Rücken gestellten offenen Buches, so daß die Schichtneigung nur noch 50°, stellenweise sogar nur noch 20 bis 30° beträgt. Der Hakenwurf, durch den der Zusammenhang der Schichten gelockert worden ist, klingt z. T.



Abb. 11 Val Curnera, Blick taleinwärts von der Höhe oberhalb dem zukünftigen linken Widerlager (Photo H. Hürzeler)

etwas oberhalb der Talsohle aus, z. T. geht er aber bis auf diese hinunter. Ursache dieses Hakenwurfes ist vermutlich die Einlagerung besonders weicher Gesteinszonen, die in Oberflächenaufschlüssen des Tavetscher Zwischenmassives östlich Sedrun als Serizitschieferschichten, die im Innern des rechtsseitigen Hangfußes talaufwärts streichen, gefunden werden konnten. Der Tiefgang des Hakenwurfes wurde durch seismische Messungen abgetastet und die Gesteinsverhältnisse im Bereiche des Zugangsstollens und der Zentralenkaverne wurden durch einen rund 500 m langen Sondierstollen, der später als Kabelausführungsstollen verwendet werden soll, aufgeschlossen (Abb. 13). Der Stollen durchfährt am Anfang kurz die etwas gelockerten Schichten des am Hangfuß ausklingenden Hakenwurfes; die mit etwa 70° steil nach S einfallenden Gneisschichten wechseln zwischen grob-

bankigen, sehr standfesten, aber oft stark wasserführenden Zonen und sehr weichen, gequetschten, feinschiefrigen Partien. Die Kaverne der Zentrale wird hinter die Serizitschieferschichten gelegt.

In der Zentrale Sedrun werden in vier horizontalaxigen Maschinengruppen, jeder Generator durch zwei seitliche Pelton-turbinen angetrieben, total 120 000 kW installiert. Die Transformatoren sind in der gleichen Kaverne untergebracht, während die Schaltanlage für die abgehende Leitung als Freiluftstation auf dem linken Ufer des Vorderrheines unterhalb des Dorfes Sedrun vorgesehen ist.

### 2. Kraftwerk Tavanasa

Die allgemeine Trasseführung der beiden Freilaufstollen Sedrun-Medels und Medels-Somvix, sowie des Druckstollens Somvix-Obersaxen ist schon im Abschnitt III beschrieben und begründet worden. Der Stollen Sedrun-Medels hat nicht nur das Betriebswasser von 26,5 m<sup>3</sup>/s der Zentrale Sedrun, sondern auch die mit einem Wehr im Vorderrhein gefaßte Abflußmenge des Zwischeneinzugsgebietes zu führen. Bei der Talkreuzung im Medels, die etwas oberhalb der alten Römerbrücke bei Platta im anstehenden Kristallin erfolgen kann, wird auch der Abfluß des Medelserrheins gefaßt. Der anschließende Freilaufstollen, mit einem lichten Querschnitt von 12 bis 16 m<sup>2</sup> für 31 m<sup>3</sup>/s dimensioniert, mündet im Somvix bei Runcahez, 1,3 km taleinwärts von Tenigerbad in den Ausgleichweiher. Die Lage der Talkreuzung ist hier festgelegt durch die sich stark nähernden anstehenden Fels-hänge und die im Talboden durchlaufende Felsschwelle; oberhalb und unterhalb schließen ausgedehnte und tiefer-

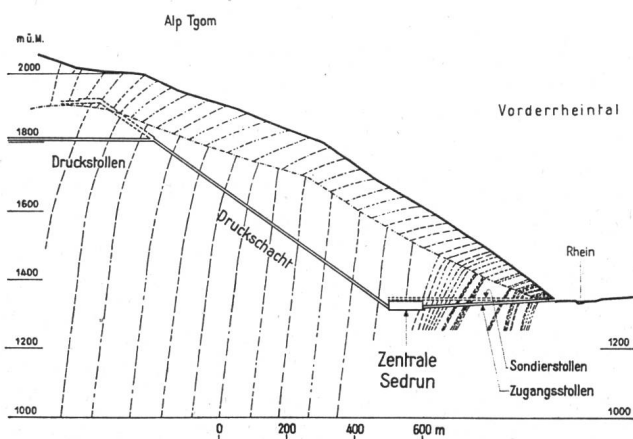


Abb. 12 Geologisches Profil für Druckschacht und Zentrale Sedrun



reichende Schuttablagerungen an und auch die Hänge sind zum Teil schuttüberdeckt und versackt. In Verbindung mit der Wasserfassung ist hier für den Betrieb der Zentrale Tavanasa ein Ausgleichbecken zu erstellen. Mit einer max. 25 m hohen Gewichtsmauer kann ein Becken von 450 000 m<sup>3</sup> Inhalt geschaffen werden, in das später auch das Unterwasser der Zentrale Greina einmünden wird. Für den Schutz des Ausgleichbeckens vor Geschiebeauflandung wird die Anlage eines Umleitungsstollens, dessen Bau in den verschütteten und versackten Hängen aber auf Schwierigkeiten stößt, oder eines oberhalb liegenden Geschiebesammlers zurzeit untersucht.

Der Druckstollen zur Zentrale Tavanasa wird bereits unter Berücksichtigung des Betriebswassers von 11,4 m<sup>3</sup>/s der Zentrale Greina für eine totale Wasserführung von 43,0 m<sup>3</sup>/s bemessen. Er erhält einen kreisrunden Querschnitt mit 4,20 m lichtigem Durchmesser und je nach der Felsqualität verschieden starke Betonverkleidung. Beim Durchfahren der Sedimentzone zwischen Gotthardmassiv und Ilanzer-Verrukano wird es notwendig sein, die Betonierungen rasch dem Ausbruch folgen zu lassen; es ist vorgesehen, in druckhaften Strecken Einbaubogen aus Stahl zu verwenden, die nötigenfalls belassen und im Stollenmantel einbetoniert werden. Nach 10,8 km Länge, auf einer, wie in Abschnitt III bereits beschrieben, geologisch bedingten, nicht geradlinigen Trasse erreicht der Stollen das Wasserschloß bei Hanschenhaus oberhalb Tavanasa. Der ganz im Ilanzer-Verrukano zu erstellende Druckschacht führt zu der zwischen Kantonsstraße und

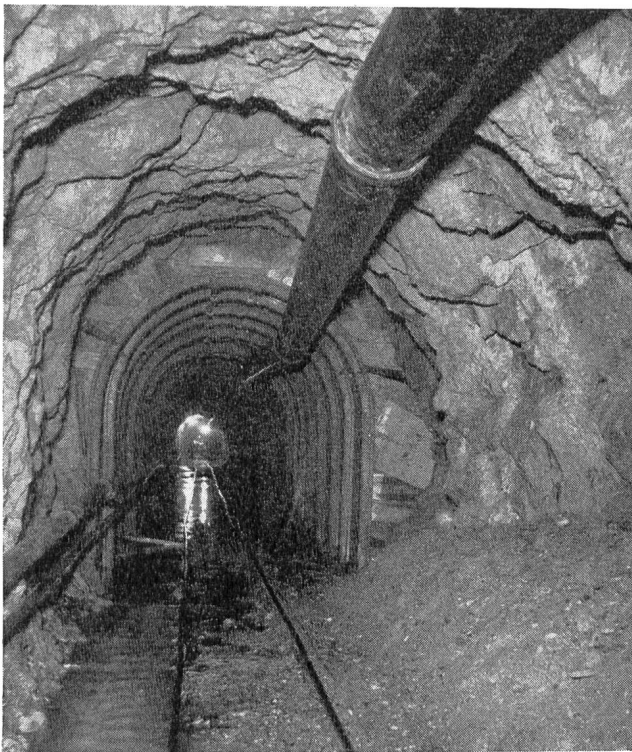


Abb. 13 Sondierstollen für die Zentrale Sedrun  
(Photo H. Rostetter, Ilanz)

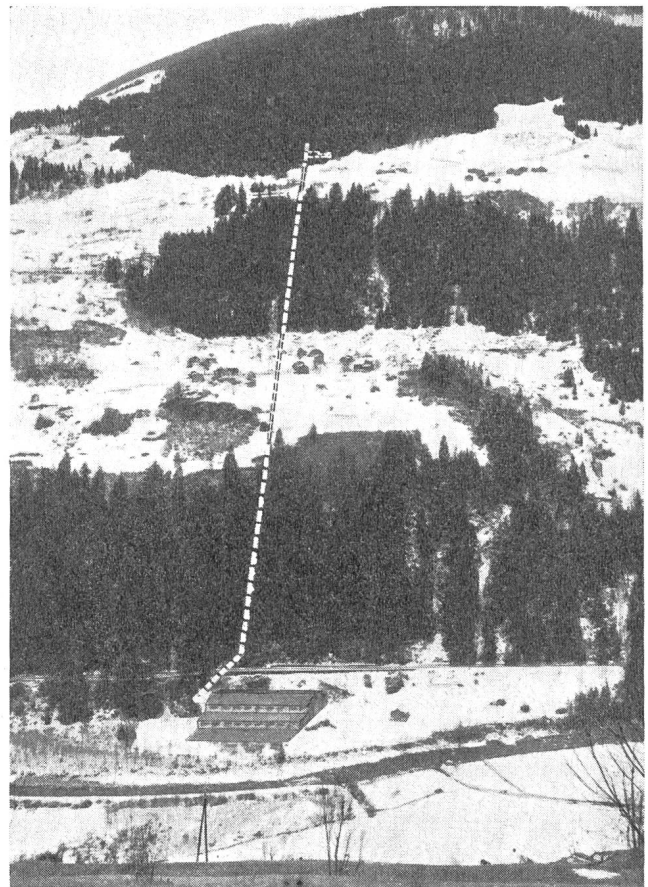


Abb. 14 Tavanasa, Projekt für Druckschacht und Zentrale  
(Photo H. Rostetter, Ilanz)

Vorderrhein freistehenden Zentrale, in der für eine Gesamtleistung von vorerst 120 000 kW, später nach Inbetriebnahme des Greinawerkes 160 000 kW, vier, später sechs Maschinengruppen installiert werden (Abbildung 14). Die Transformatorenanlage wird auch hier der Zentrale angegliedert, während die Freiluftschaltanlage auf das linke Rheinufer zu liegen kommt. In dieser Schaltanlage werden sich die Hochspannungsleitungen von Sedrun und von der Greina, diese mit der Energie des Blenio- und des Greinawerkes, zu einer einzigen, talabwärts und über den Panixerpaß führenden Leitung vereinigen.

Im Anschluß an die beiden ersten Stufen Sedrun und Tavanasa seien noch die beiden untern Stufen des Hauptstranges und die rechts- und linksrheinischen Kraftwerke kurz beschrieben.

### 3. Kraftwerk Ilanz I

Mit Rücksicht auf die bei Hochwasser starke Geschiebeführung des Vorderrheins wird das nach der Zentrale Tavanasa eingeschaltete Ausgleichbecken auf die linke Flußseite gelegt. Ein Ausgleichbecken im Flußlauf würde nach kurzer Zeit verlanden. Spülungen sind, wie Erfahrungen an ähnlichen Becken gezeigt haben, sehr wenig wirksam, auch wenn bei Hochwasser der Stau ganz abgesenkt wird, da der Fluß nicht genügend Schleppkraft besitzt,

um die Ablagerungen abzutragen und wegzuschaffen. Es wäre auch für den Betrieb unerwünscht, das reine Wasser der Speicherbecken durch kurze Rückgabe in den Fluß mit Geschiebe zu befrachten, das nachher in größeren Entsandern wieder ausgeschieden werden muß. Nach dem Ausbauplan werden die Zentrale der einzelnen Stufen mehr oder weniger im Tandembetrieb arbeiten, so daß Zwischenausgleichbecken mit beschränktem Inhalt genügen. Im Zusammenhang mit der Krafterzeugung sind, wie bei andern Kraftwerksbauten, Fragen des Uferschutzes, der Beeinflussung von bestehenden Grundwasserfassungen und Kanalisationen, der im Fluß verbleibenden Restwassermengen und dergleichen unter Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse im einzelnen noch zu prüfen. In das mit der Fassung des Vorderrheines verbundene Ausgleichbecken und in den anschließenden 12 km langen, mit 4,50 m lichten Durchmesser für 45,5 m<sup>3</sup>/s dimensionierten Druckstollen werden noch einige linksseitige Seitenbäche eingeleitet. Für das Kraftwerk sind als Varianten noch näher zu untersuchen und zu vergleichen: Druckschacht oder offen verlegte, nach dem Bau wieder zugedeckte Druckleitung, Kavernenzentrale oder freistehende Zentrale. Die installierte Maschinenleistung wird 29 000 kW betragen; das niedrige Gefälle von rund 90 m erlaubt den Einbau von vertikalaxigen Francisturbinen. In der gleichen Zentrale werden auch die Maschinen des Kraftwerkes Ilanz II, d. h. der Stufe Panix-Ilanz, untergebracht.

#### 4. Kraftwerk Rhäzüns

Das Unterwasser der Zentrale Ilanz erreicht durch einen 2 km langen Freispiegelstollen und einen mit der letzten Wasserfassung im Vorderrhein verbundenen Dücker das wieder außerhalb des geschiebeführenden Flußlaufes projektierte Ausgleichbecken bei Castrisch. Die bis zum Stollenbeginn 2,5 km lange Rohrleitung, in offener Baugrube erstellt und nachher zugedeckt, weist ent-

sprechend der hohen Durchflußmenge von 75 m<sup>3</sup>/s einen lichten Durchmesser von 5,60 m auf. Beim Stollenbeginn mündet das Unterwasser der Zentrale Castrisch der Glennerkraftwerke ein. Als Standort der letzten Zentrale der Kraftwerke Vorderrhein kommen in Frage: Rhäzüns, beim Anschluß an das Ausgleichbecken nach dem Konzessionsprojekt des Konsortiums Domleschger Wasserkräfte; Bonaduz, am Vorderrhein vor dessen Zusammenfluß mit dem Hinterrhein oder unterhalb Versam bei der Einmündung der Rabiusa in den Vorderrhein, je nach der Konzessionierung der Domleschger Wasserkräfte. Bei rund 80 m Bruttogefälle können in der Zentrale 41 000 kW erzeugt werden.

#### 5. Kraftwerk Greina

Das Greinabecken hat infolge seiner hohen Lage von rund 2200 m über Meer wohl einen hohen potentiellen Energieinhalt, aber nur ein kleines eigenes Einzugsgebiet von 14 km<sup>2</sup>. Bei dem vorgesehenen Aufstau auf Kote 2263 m ü. M. kann der Beckeninhalt von 63 Mio m<sup>3</sup> noch ohne Pumpwasser gefüllt werden durch Zuleitungen aus den oberen rechten Seitenbächen des Medelsertales und des Val Lavaz, evtl. auch noch aus dem obersten Teil der Aua de Cavel im Lugnez. Für die Zuleitungen aus dem Medelsertal hat die Gemeinde Medels die Konzessionen bereits erteilt.

Das Greinabecken (Abb. 15, 16) liegt auf der Grenze des Gotthardgneises gegen die Bündnerschieferzone des südlichen Sedimentmantels. Eine schmale Triaszone, Rauhwacke und Dolomit, durchzieht das Becken in seiner Längsrichtung, deren Erosion durch Wasser und Gletscher als Ursache der Beckenbildung angesehen wird. Die Trias kreuzt hinter dem rechten Widerlager der nördlichen Sperre durch, das Sperrenprofil selber liegt jedoch vollständig im Gotthardgneis und Quarzit, an die ein dichter Anschluß erreicht werden kann. Fernverluste durch die Triaszone sind nach Ansicht der Geologen



Abb. 15 Staubecken Greina, Blick talaufwärts, gegen Süden (Aufnahme der Eid. Landestopographie)

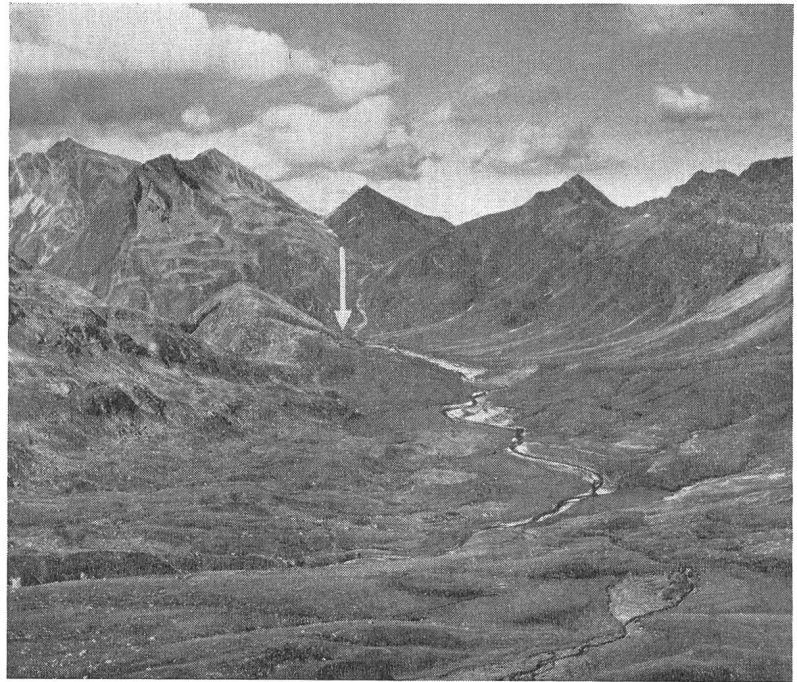


Abb. 16 Staubecken Greina, Blick talabwärts; der Pfeil bezeichnet die Sperrstelle  
(Aufnahme der Eidg. Landestopographie)

nicht zu erwarten, nachdem früher durchgeführte Färbversuche negative Resultate ergeben haben. Die kleine Südsperrre auf dem Grenzsattel gegen den Kanton Tessin liegt im dichten Bündnerschiefer.

Für die Ausnützung der Greina sind schon viele Projektvarianten aufgestellt worden, nicht nur für die Ableitung nach Süden, sondern auch nach Norden. Auch in den neuen Studien der NOK sind verschiedene Möglichkeiten der Ausnützung nach Norden nochmals eingehend untersucht worden, vor allem auch eine einstufige Ausnützung nach dem Vorderrheintal. Eine solche Lösung hätte den großen Vorteil gehabt, daß die Zentrale im bewohnten Gebiet, an der Hauptstraße und an der Bahn und nicht in einem einsamen, im Winter schwer zugänglichen und lawinengefährdeten Tal gelegen wäre, was bei Zentralen dieser Leistung aus betrieblichen Gründen unerwünscht ist. Leider haben die Untersuchungen ergeben, daß neben geologischen Schwierigkeiten auch die hohen Baukosten diese Variante ausscheiden lassen; teuer würde vor allem der lange, flach verlaufende Druckschacht am Nordabhang des Piz Titschal. Auch die schon früher vorgeschlagene Ausnützung durch das Lugnez ist wieder aufgegriffen worden. Neben den prekären geologischen Verhältnissen, vor allem infolge der ausgedehnten Sackungen am linken Talhang des Lugnez, fallen auch hier die hohen Erstellungskosten der langen und flachen Druckleitungen oder Druckschächte erschwerend ins Gewicht.

Als einfachste, geologisch sicherste und auch wirtschaftlichste Lösung hat sich die Ausnützung entlang dem natürlichen Greinaabfluß im Somvix ergeben. Der im rechten Talabhang liegende, 6,5 km lange Druckstol-

len von 2,20 m lichtigem Durchmesser durchfährt querschlägig die Gotthardgneise bis unterhalb des Piz Zavrägia; auch der Druckschacht kann so gelegt werden, daß er unter einer oberflächlichen Versackung im gesunden Fels bleibt. Die Kavernenzentrale läßt sich in einem, am rechten Talhang vorspringenden Felsriegel unterbringen, so daß das Betriebswasser auf kürzestem Wege in das Ausgleichbecken der Zentrale Tavanasa eingeleitet werden kann. Bei dem hohen Bruttogefälle von 983 m kann mit einer Ausbauwassermenge von 11,4 m<sup>3</sup>/s eine Leistung von 80 000 kW erzeugt werden.

#### 6. Kraftwerke Tersnaus und Castrisch

Die Wasserkräfte des Lugnez werden in zwei Stufen ausgenützt, in den Kraftwerken Tersnaus und Castrisch. Diese Unterteilung hat den Vorteil, daß in der untern Stufe größere zusätzliche Zwischeneinzugsgebiete des Valserrheines und der rechten Seitenbäche miteinbezogen werden können. Kernstück des Kraftwerkssystems ist der Stausee Silgin mit einem nutzbaren Inhalt von 35 Mio m<sup>3</sup>, in den neben dem Glennerwasser auch der Abfluß aus dem vom Kraftwerk Zervreila nicht ausgenützten Zwischeneinzugsgebiet des Valserrheines von der Stau-mauer bis Vals Camp eingeleitet wird.

Die Sperrstelle bei Silgin (Abb. 17) liegt im Bündner Schiefer und wird vom geologischen Experten als günstig und dicht angesehen; für den vorgesehenen Stauinhalt ergibt sich eine maximale Höhe der Bogenmauer von 120 m mit einer Betonkubatur von 310 000 m<sup>3</sup>. Noch näherer geologischer Prüfung bedürfen die Gesteinsverhältnisse am linken Beckenhang unterhalb des Dorfes Lumbrein (Abb. 18). Zwischen den Gneisen des Gott-



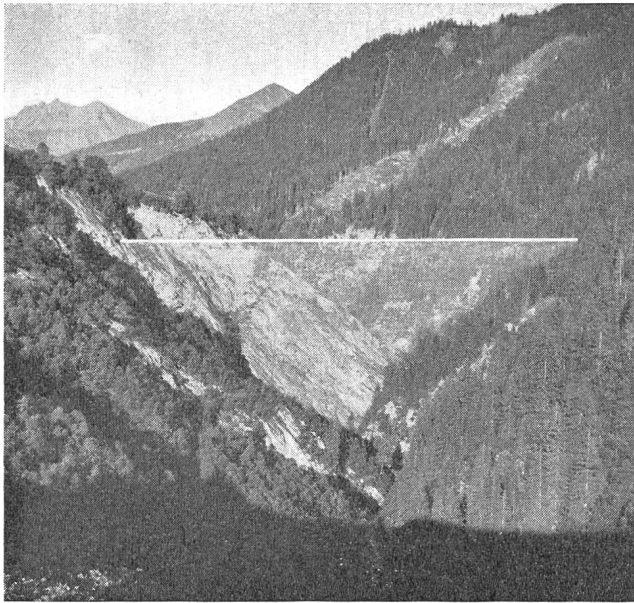


Abb. 17 Staubecken Silgin, Sperrstelle talauswärts gesehen  
(Photo H. Hürzeler)

hardmassives, dem Quarzit und den Bündner Schiefen stößt hier eine Rauhackenschicht an die Oberfläche; sie könnte unter Umständen zu Sickerungen führen, die besonders gefährlich würden, wenn sie in die großen, vom Kamm bis zur Talsohle reichenden Sackungsmassen aus Bündner Schiefer des linken Talhanges des Lugnez ausmünden sollten. Durch Tiefbohrungen wird hier der Verlauf der Rauhackenschicht noch genau abzuklären sein.

Wegen der Sackungen am linken Talhang müssen der 2,8 km lange Druckstollen der Stufe Tersnaus und derjenige der Stufe Castrisch von 12,2 km Länge ganz auf die rechte Talseite verlegt werden. Sie verlaufen hier in Lugnezer-Bündnerschiefern, die mehrfach von schmalen, stark zerquetschten Triasschichten durchzogen werden. Die Unterkreuzungen der tief eingeschnittenen Bachtobel werden noch eingehendere Detailstudien erfordern, insbesondere beim Rieinertobel, dessen Nordflanke

von einer heute noch nicht zur Ruhe gekommenen Sackung gebildet wird.

In der oberen Zentrale Tersnaus können bei 298 m Bruttogefälle und 10,0 m<sup>3</sup>/s Betriebswassermenge 24 000 kW erzeugt werden. Das Ausgleichbecken Tersnaus mit 1,4 Mio m<sup>3</sup> Inhalt erlaubt einen unabhängigen Spitzenbetrieb der unteren Zentrale Castrisch, in der für 217 m Bruttogefälle und 12,0 m<sup>3</sup>/s eine Leistung von 17 000 kW installiert wird.

### 7. Kraftwerke Panix und Ilanz II

Das Projekt für den Ausbau der linken Zuflüsse des Vorderrheines im Raume Tavanasa-Ilanz wird weitgehend durch die Höhenlage der beiden Staubecken Frisal und Panix und durch die geologischen Verhältnisse in den ihnen zugeordneten Stollenhorizonten bestimmt. Während einer Stollenführung vom höher, auf Kote 1957 gelegenen Stausee Frisal talabwärts nach einer Zentrale Panix keine geologischen Schwierigkeiten entgegenstehen, sind solche in erheblichem Maße vorhanden für einen Stollen vom tiefer, auf Kote 1465 gelegenen Stausee Panix talaufwärts nach einer Zentrale Brigels, in der auch das Wasser vom Becken Frisal ausgenutzt und an die eine untere Stufe Brigels-Tavanasa angeschlossen werden könnte. Das Konzessionsprojekt der NOK sieht daher die Ausnutzung in den beiden Stufen Frisal-Panix und Panix-Ilanz vor. In den unteren Stufen ergibt sich dabei noch der Vorteil, durch Zuleitungen in den Druckstollen weiter östlich gelegene Einzugsgebiete, bis zum Val de Mulin, in die Kraftnutzung einbeziehen zu können.

Im Val Frisal kann mit einer Gewichtsmauer von 90 m Höhe ein Stausee von 40 Mio m<sup>3</sup> Nutzinhalt geschaffen werden, in den von Westen her der Bach des Val Punteglias und durch den Druckstollen noch drei andere im Osten gelegene Seitenbäche zugeleitet werden (Abbildung 19). Die Sperrstelle liegt im dickbankigen, zerklüfteten oberen Jurakalk; nach den vorgenommenen seismischen Untersuchungen sind moränen-verdeckte

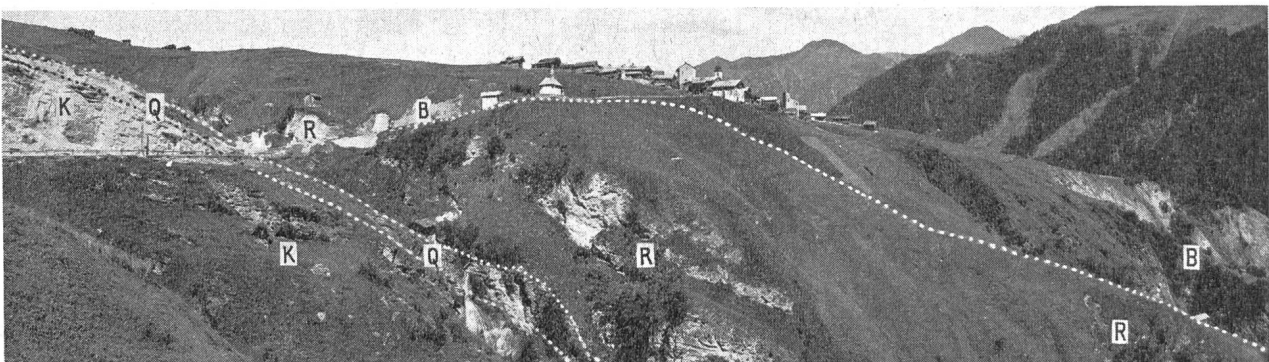


Abb. 18 Lugnez, Westhang bei Lumbrein  
K = Kristallin, Q = Quarzit, R = Rauhacke, B = Bündner Schiefer  
(Photo H. Hürzeler)



Abb. 19 Staubacken Frisal; Blick gegen Brigelserhörner und Kistenstöckli  
(Aufnahme der Eidg. Landestopographie)

alte Talläufe nicht vorhanden, doch muß das Profil durch Bohrungen noch genauer sondiert werden, bis ein endgültiges Urteil gefällt werden kann. Die Sperrstelle im Val Panix, wo mit einer 60 m hohen Sperre

15 Mio m<sup>3</sup> gespeichert werden können, liegt ebenfalls im oberen Jurakalk (Abb.20); auch hier müssen die nicht ungünstigen Ergebnisse der seismischen Messungen durch Sondierbohrungen überprüft werden.



Abb. 20 Staubacken Panix  
(Aufnahme der Eidg. Landestopographie)



Vom Staubecken Frisal führt der 5,8 km lange Druckstollen, der bei der kleinen Ausbauwassermenge von  $7,6 \text{ m}^3/\text{s}$  mit Minimalquerschnitt ausgeführt werden kann, mit anschließendem Druckschacht zu der am rechten Ufer des Stausees Panix auszubrechenden Kavernenzentrale. Unter einem Bruttogefälle von 489 m können 27 000 kW erzeugt werden. Die untere, an den Stausee Panix anschließende Stufe Ilanz II weist ein wesentlich höheres Gefälle von 764 m und eine Betriebswassermenge von  $12,8 \text{ m}^3/\text{s}$  auf, aus denen sich eine zu installierende Maschinenleistung von 74 000 kW ergibt. Zentrale und Unterwasserstollen sind für die Stufe Panix-Ilanz II und die Vorderrheinstufe Tavanasa-Ilanz I zusammgelegt.

**V. Bauprogramm**

Für die beiden bereits konzessionierten Kraftwerke Sedrun und Tavanasa werden die Bauarbeiten in größeren Losen noch dieses Jahr in Angriff genommen. Für die Angriffstellen Runcahez im Somvix und Hanschenhaus bei Obersaxen des Freilaufstollens Medels-Somvix und des Druckstollens Somvix-Obersaxen liegen die Unternehmer-Angebote bereits vor. Diese beiden langen, fensterlosen Durchstichstollen sind maßgebend für das Bauprogramm und sollen daher, auch im Hinblick auf allfällig anzutreffende geologische Schwierigkeiten, frühzeitig begonnen werden; der Baubeginn ist für beide Lose auf Anfang Juli 1956 angesetzt.

Nach dem generellen Bauprogramm (Abb. 21) sind in diesem Jahre noch vorgesehen: die Zufahrtsstraße von der Station Sedrun zur Baustelle der Zentrale und weiter ins Val Nalps zur Baustelle der Staumauer, Korrektionsarbeiten an der Straße von der Station Rabius ins Somvixertal und der Bau eines neuen Straßenstückes vom Tenigerbad nach Runcahez auf der rechten, lawensicheren Talseite. Die Stationen Sedrun und Rabius der Rhätischen Bahn müssen im Hinblick auf die großen in den nächsten Jahren zu bewältigenden Transport-

mengen (darunter 230 000 t Zement und 30 000 t Installationsmaterial) ausgebaut werden; von der Bahnstrecke oberhalb der Station Tavanasa zur Zentrale ist ein Anschlußgleise zu erstellen. 1957 wird der Freilaufstollen Medels-Somvix auch von Platta aus in Angriff genommen.

1958 folgen die Bauarbeiten der Staumauer Nalps, der Druckschächte und Zentralen Sedrun und Tavanasa sowie des Ausgleichbeckens im Somvixertal. Für den Druckstollen Nalps-Wasserschloß Tgom und den Verbindungsstollen Sedrun-Medels genügt der Baubeginn im Jahre 1959, da diese Stollen durch Zwischenfenster in mehrere Abschnitte unterteilt werden können. Das ganze Bauprogramm ist auf die Inbetriebnahme der ersten Maschinengruppen in den Zentralen Sedrun und Tavanasa im Sommer 1961 ausgerichtet, wobei der Staumauerbau Nalps soweit vorgeschritten sein wird, daß auf den Winter 1961/62 eine teilweise Beckenfüllung für die Erzeugung von Winterenergie bereitgestellt werden kann; die Staumauer soll im Sommer 1962 vollendet werden.

Sämtliche Bauarbeiten werden grundsätzlich nicht in eigener Regie ausgeführt, sondern im Akkord an Unternehmungen vergeben. Für die größeren Baulose erfolgen öffentliche Ausschreibungen. Nach den Verleihungsbestimmungen sind die Arbeiten unter der Voraussetzung der Einhaltung von Konkurrenzpreisen sowie genügender Gewähr für gute Qualität und termingemäße Ausführung in erster Linie an bündnerische Bewerber zu vergeben, wobei Bewerber mit Wohnsitz in der Gemeinde der Baustelle und im Vorderrheingebiet zu bevorzugen und auch kleinere Unternehmer und Gewerbetreibende zu berücksichtigen sind.

In den Hauptbaujahren 1959/61 werden zur programmgemäßen Durchführung der Arbeiten 1200 bis 1500 Mann beschäftigt werden müssen; ohne ein beträchtliches Kontingent an italienischen Saisonarbeitern wird auch hier, wie bei andern Kraftwerkbauten, nicht auszukommen sein. Nach Fertigstellung der Staumauer Nalps im Jahre 1961 kann an den Bau einer weiteren Sperre geschritten werden; ob dies nun Sta Maria oder Curnera sein wird, oder ob diese beiden Sperren mit einer nur kurzen Staffelung der Bauzeit gleichzeitig ausgeführt werden, steht heute noch nicht fest; es wird dies auch von der Entwicklung des Energiebedarfes abhängen.

Für die weiteren Kraftwerke des Vorderrhein-Ausbauplanes sind in den den Gemeinden zugestellten Verleihungsentwürfen relativ kurze Baufristen nach Konzessionerteilung vorgesehen; nämlich Baubeginn nach 5 Jahren mit Bauzeiten von 3 bis 5 Jahren, mit Ausnahme der Lugnezer Wasserkräfte, für die der Baubeginn nach 10 und die Inbetriebnahme nach 15 Jahren in Aussicht genommen ist. Diese Fristen setzen voraus, daß für die damit verbundene Massierung der Bauten die nötigen Arbeitskräfte zur Verfügung stehen.

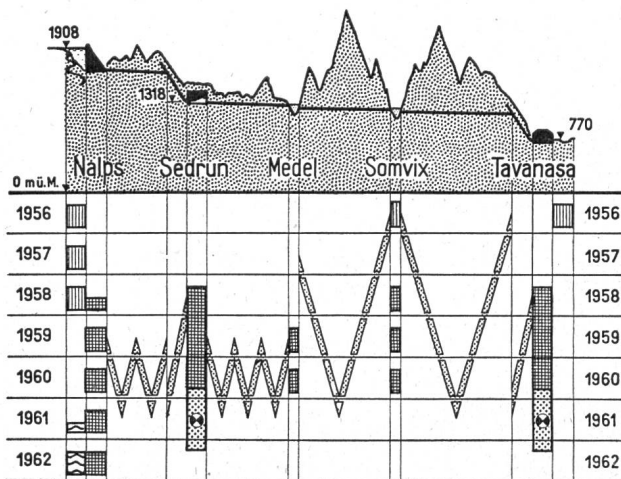


Abb. 21 Bauprogramm für den Stausee Nalps und die Kraftwerkstufen Sedrun und Tavanasa