

# Zur Entstehungsgeschichte der Kraftwerk-Projekte am Hinterrhein

Autor(en): **Töndury, G.A.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **49 (1957)**

Heft 2-3

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-920823>

## **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 Rheinquellhorn mit Zapportgletscher, im Vordergrund Dorf Hinterrhein

## Zur Entstehungsgeschichte der Kraftwerk-Projekte am Hinterrhein

G. A. Töndury, dipl. Ing., Zürich

### 1. Einleitung

Vor etwa Jahresfrist, am 1. Februar 1956, wurden sämtliche Wasserrechtsverleihungen für die *Kraftwerkgruppe Valle di Lei-Hinterrhein* mit dem Grenzkraftwerk Valle di Lei-Ferrera als oberste der drei Kraftwerkstufen in Kraft gesetzt, und am 10. Dezember 1956 erfolgte in Thusis die Gründung der *Kraftwerke Hinterrhein AG (KHR)*, so daß nun der Weg für die Realisierung dieses großen Bauvorhabens frei ist und auch schon mit gewissen vorbereitenden Bauarbeiten und mit der Ausschreibung größerer Bauwerke begonnen wurde.

Der Umstand, daß es sich um eine der bedeutendsten Kraftwerkgruppen der Schweiz handelt — etwa der Größenordnung der Kraftwerkgruppe im Oberhasli entsprechend — rechtfertigt es wohl, eingehender auf die lange und dornenreiche Entstehungsgeschichte des heutigen Bauprojektes hinzuweisen; sie läßt gleichzeitig die technischen Entwicklungstendenzen der Wasserkraftnutzung im Verlaufe der letzten 50 Jahre erkennen und erlaubt auch einen Einblick in die Eigenart des schweizerischen und internationalen Vorgehens für die Erlangung von Wasserrechtsverleihungen.

### 2. Das Hinterrheingebiet

Das gesamte Einzugsgebiet des Hinterrheins mit seinen weitverzweigten Seitenflüssen und Bächen umfaßt bis zum Ausgang der Viamalasschlucht bei Thusis rund 600 km<sup>2</sup>, entsprechend etwa 14% des gesamten bündnerischen Einzugsgebietes des Rheins, und ist etwa mit der Größe des Kantons Glarus (685 km<sup>2</sup>) vergleichbar. Der Hinterrhein entspringt im Paradiesgletscher an der östlichen Flanke des 3402 m hohen Rheinwaldhorns, der höchsten Erhebung des ganzen Gebietes. Der Averserrhein ist der größte Zufluß des Hinterrheins im oben umschriebenen Raume. Beim Zusammenfluß mit dem Hinterrhein unterhalb der Rofflaschlucht weisen beide Flüsse je etwa gleich große Einzugsgebiete auf (Hin-

terrhein: 216 km<sup>2</sup>; Averserrhein 261 km<sup>2</sup>). Die spezifischen Abflussmengen sind im Rheinwald mit 56 l/skm<sup>2</sup> (Sufers) höher als im Avers mit 48 l/skm<sup>2</sup> (Innerferrera), das teilweise schon an die trockene Zone des Oberengadins grenzt. Die Vergletscherung ist nicht groß, erreicht sie doch nur 5% (25 km<sup>2</sup>) des Hinterrhein-Einzugsgebietes bei Andeer, kurz unterhalb des Zusammenflusses von Hinterrhein und Averserrhein.

Die Niederschlags- und Abflußverhältnisse im Hinterrheingebiet sind dank der Ergebnisse von vielen Beobachtungsstationen für die Niederschläge und von langjährigen kontinuierlichen Abflussmessungen an verschiedenen charakteristischen Meßstellen weitgehend abgeklärt worden; die Auswertung der bereits 1918/21 errichteten Beobachtungsstationen wird seit 1920 größtenteils von der «Rhätische Werke für Elektrizität AG» durchgeführt.

Bei Andeer beträgt die mittlere Abflußmenge der 37jährigen Beobachtungsperiode (1919/55) 21,1 m<sup>3</sup>/s oder 42,0 l/skm<sup>2</sup>; das größte beobachtete Hochwasser erreichte hier 690 m<sup>3</sup>/s oder 1,4 m<sup>3</sup>/skm<sup>2</sup> am 25. September 1927<sup>1</sup>. Im langjährigen Mittel kommen natürlicherweise im Winterhalbjahr Oktober/März nur 17,4% zum Abfluß, während 82,6% auf das Sommerhalbjahr entfallen, wobei sich die mittleren Abflussmengen folgendermaßen auf die einzelnen Monate verteilen:

Oktober	7,2 %	April	3,5 %
November	4,2 %	Mai	13,5 %
Dezember	2,1 %	Juni	22,5 %
Januar	1,5 %	Juli	19,2 %
Februar	1,1 %	August	13,5 %
März	1,3 %	September	10,4 %
Winter	17,4 %	Sommer	82,6 %

<sup>1</sup> Der vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft betriebene Limnigraph Andeer wurde durch dieses Katastrophen-Hochwasser zeitweise außer Betrieb gesetzt; auf Grund der Abflussmessungen in Innerferrera (530 m<sup>3</sup>/s oder 2,4 m<sup>3</sup>/skm<sup>2</sup>) ist anzunehmen, daß die Hochwasserspitze in Andeer bedeutend höher als 690 m<sup>3</sup>/s war.



Abb. 2 Blick vom Lai da Vons ob Andeer auf Piz Tambo, Guggernüll und Einshorn im Rheinwald

Auf die vier Monate Mai/August entfallen somit mehr als  $\frac{2}{3}$  des Jahresabflusses und auf die beiden Monate Juni und Juli, der eigentlichen Periode der Schneeschmelze im Hochgebirge, 41,7%.

Diese in den Alpen typische, wenn auch nicht überall so ausgeprägte Abfluß-Charakteristik zeigt die Notwendigkeit einer möglichst großen Aufspeicherung der reichlichen Sommerabflüsse in hochgelegenen Stauseen

zwecks sinnvoller und wirtschaftlicher Wasserkraftnutzung.

### 3. Das Rheinwaldprojekt und seine Vorläufer

Bis heute besteht neben ganz kleinen Gemeinde- oder Sägereiwerken in Hinterrhein, Nufenen, Splügen, Sufers, Avers-Cresta, Innerferrera und Clugin lediglich eine nennenswerte Wasserkraftanlage am Hinter-

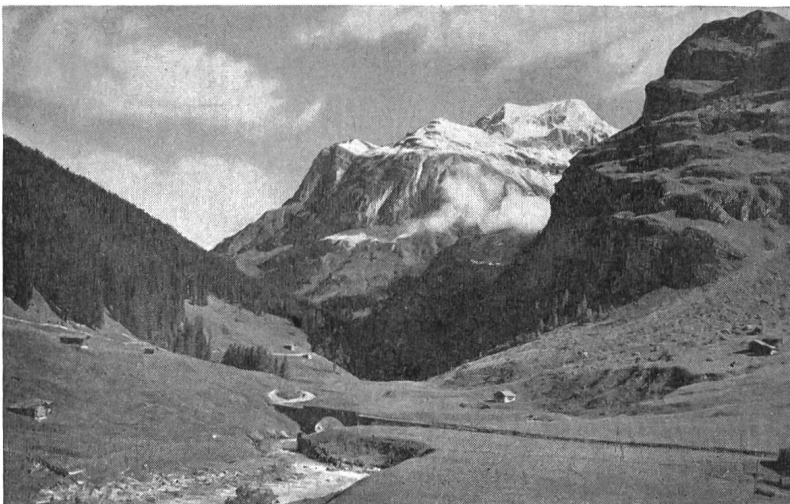


Abb. 3 Blick von Campsut am Averserrhein talwärts gegen Piz la Mazza und Piz Grisch

rhein, das 1898/99 von der «Schweiz. Gesellschaft für elektrochemische Industrie in Bern» für eine Carbidfabrik gebaute und später erweiterte Elektrizitätswerk Thusis, mit Wasserfassung bei Rongellen, das 1903 an die «AG Elektrizitätswerke Lonza» überging und seit ihrer Gründung im Jahre 1920 der «Rhätische Werke für Elektrizität AG», Thusis, gehört und von ihr betrieben wird. Die Produktionskapazität beträgt im Mittel 42 Mio kWh bei einer heute installierten Leistung von 5500 kW; dieses Werk dient seit der Ende 1918 erfolgten Stilllegung der Carbidfabrik der Allgemeinversorgung und beliefert auch die Rhätische Bahn mit elektrischer Energie.

Die Projekte für eine großzügige Wasserkraftnutzung am Hinterrhein mit seinem Wasserreichtum und seinen günstigen Gefällsverhältnissen reichen sehr weit zurück.

Bereits 1907 interessierte sich die Stadt Zürich für den Ausbau einer Kraftwerkstufe Sufers-Andeer, wandte sich dann aber, speziell der kürzeren Übertragungsleitung wegen, dem Albulawerk zu. Damals bedeutete eine Fernleitung bis nach Zürich angesichts des Standes der Übertragungstechnik und der Wichtigkeit und unbedingt erforderlichen Betriebssicherheit einer städtischen Energieversorgung vom Ausmaße Zürichs in gewissem Sinne ein Wagnis, so daß es begreiflich ist, daß Zürich sich dem etwas näheren Albulawerk zuwandte und damit auch die Schwierigkeiten einer Fernleitung durch die Viamala-Schlucht vermied.

Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband (SWV) beauftragte im Jahre 1911, also kurz nach seiner Gründung, die von seinem Ausschuss bestellte *Talsperrenkommission* mit der Ausarbeitung einer detaillierten Sta-

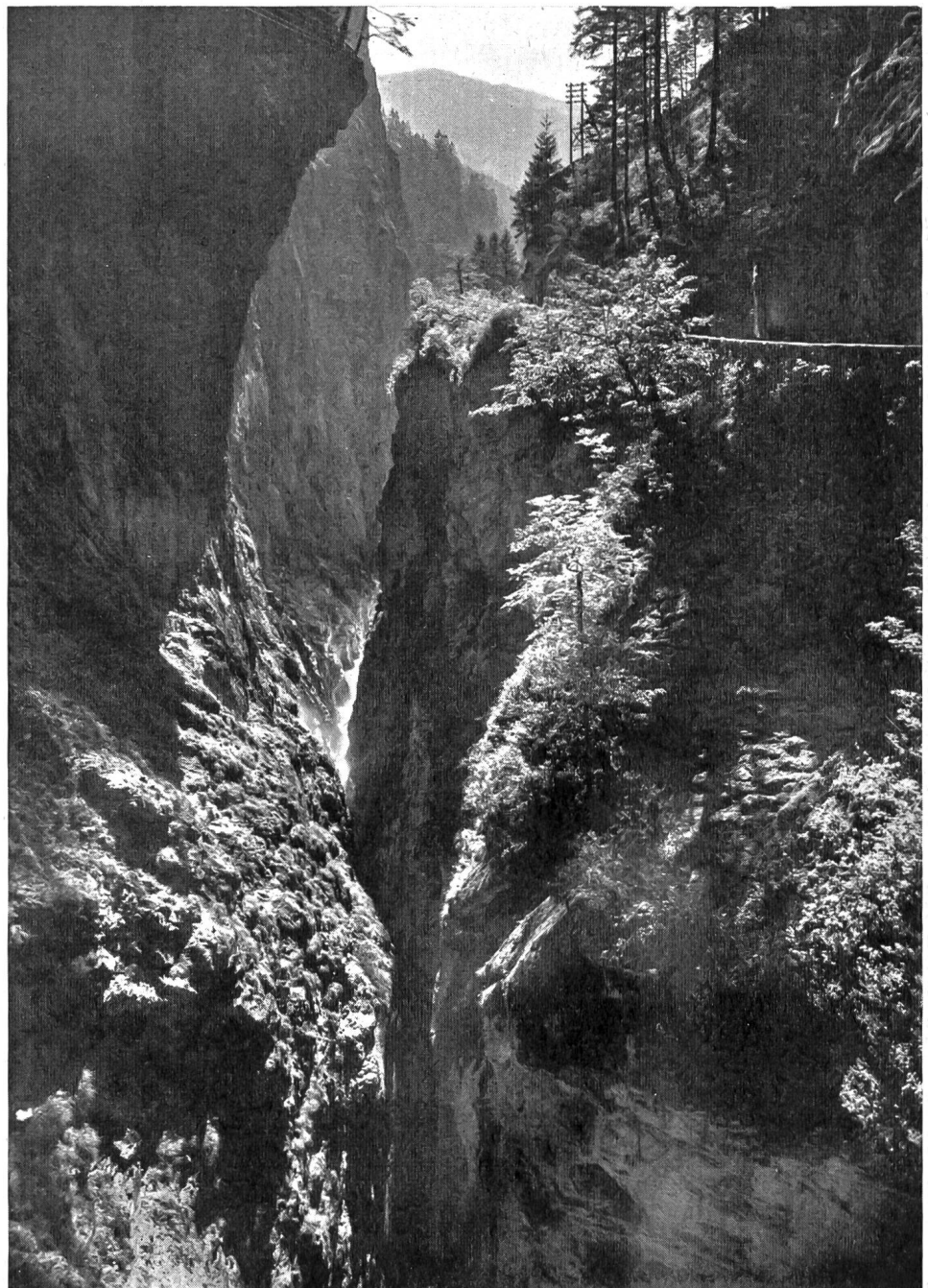


Abb. 4  
Die tiefeingeschnittene Hinterreinschlucht in der Viamala zwischen dem Schams und Thusis



tistik aller bestehenden, sowie zur Ausführung in Aussicht genommenen oder überhaupt ausführbaren künstlichen Staubecken in der Schweiz. Im gleichen Jahre wurde diese von Prof. Ing. K. E. Hilgard, Zürich, präsidierte Kommission zur Anordnung eingehender Studien über die Möglichkeit der Anlage von künstlichen Staubecken, zunächst im ganzen Einzugsgebiet des Rheines von seinen Quellen bis zum Bodensee, ermächtigt. Im Oktober 1911 wurden von der Talsperrenkommission SWV ein Arbeitsprogramm und ein Vertrag über die Vornahme solcher Studien mit Ing. E. Froté, Zürich, für sich und seinen Mitarbeiter, Prof. Dr. Chr. Tarnuzzer, Chur, für den geologischen Teil der Studien, vereinbart. Die Genannten waren durch teils aus eigener Initiative, teils in anderweitigem Auftrage im gleichen Gebiete unternommene, bahnbrechend gewordene Studien bereits bekannt. Der Bericht über die Studien umfaßte zwei Teile:

- I. Teil: «Hinterrhein»
- II. Teil: «Vorderrhein und Rhein bis zum Bodensee»

Bereits im Spätherbst 1912 war der I. Teil der Studien der Talsperrenkommission des SWV zur vorläufigen Beurteilung vorgelegt worden, und im Frühjahr 1914 konnte Ing. Froté die gesamte Arbeit einreichen. Für die Drucklegung und Herausgabe einer klaren und nach einheitlichen Grundsätzen bearbeiteten Verbandschrift war durch die Talsperrenkommission und die Geschäftsführung des Verbandes eine umfangreiche und zeitraubende Arbeit zu leisten. Im Jahre 1920 konnten

die Studien dann als stattliches, reich dokumentiertes Buch (Verbandsschrift SWV Nr. 4) unter dem Titel «Wasserkräfte des Rheins im schweizerischen Rheingebiet von den Quellen bis zum Bodensee» herausgegeben werden. Diese systematischen, allerdings nur generellen Studien können wohl als Grundlage der weiteren Projektierung am Hinterrhein gewertet werden. Die Projektion und Lage der Speicherbecken, die damals vorgeschlagen wurden, sind aus Abb. 5 ersichtlich. Es waren im eingangs definierten engeren Einzugsgebiet folgende sechs Speicherbecken vorgesehen:

Speicherbecken	Speicherinhalt in Mio m <sup>3</sup>
Hinterrhein	60 (evtl. 12 Mio m <sup>3</sup> ohne Überflutung der Gemeinde Hinterrhein)
Sufers	26
Podestats/Avers	15
Alp Preda/Madris	15
Ramsen/Madris	15
Valle di Lei	17
Zusammen	148 (evtl. 100)

Die damalige Projektion mit den fünf Zentralen in Sufers, Preda/Madris, Cröt, Andeer und Thusis errechnete eine mittlere jährliche Energieproduktion von 1094,7 Mio PSh, entsprechend etwa 760 Mio kWh, für die damalige Zeit eine kühne Projektion!

Im Jahre 1916 verfaßte das Ingenieurbüro Wildberger in Chur ein generelles Projekt für den Ausbau der

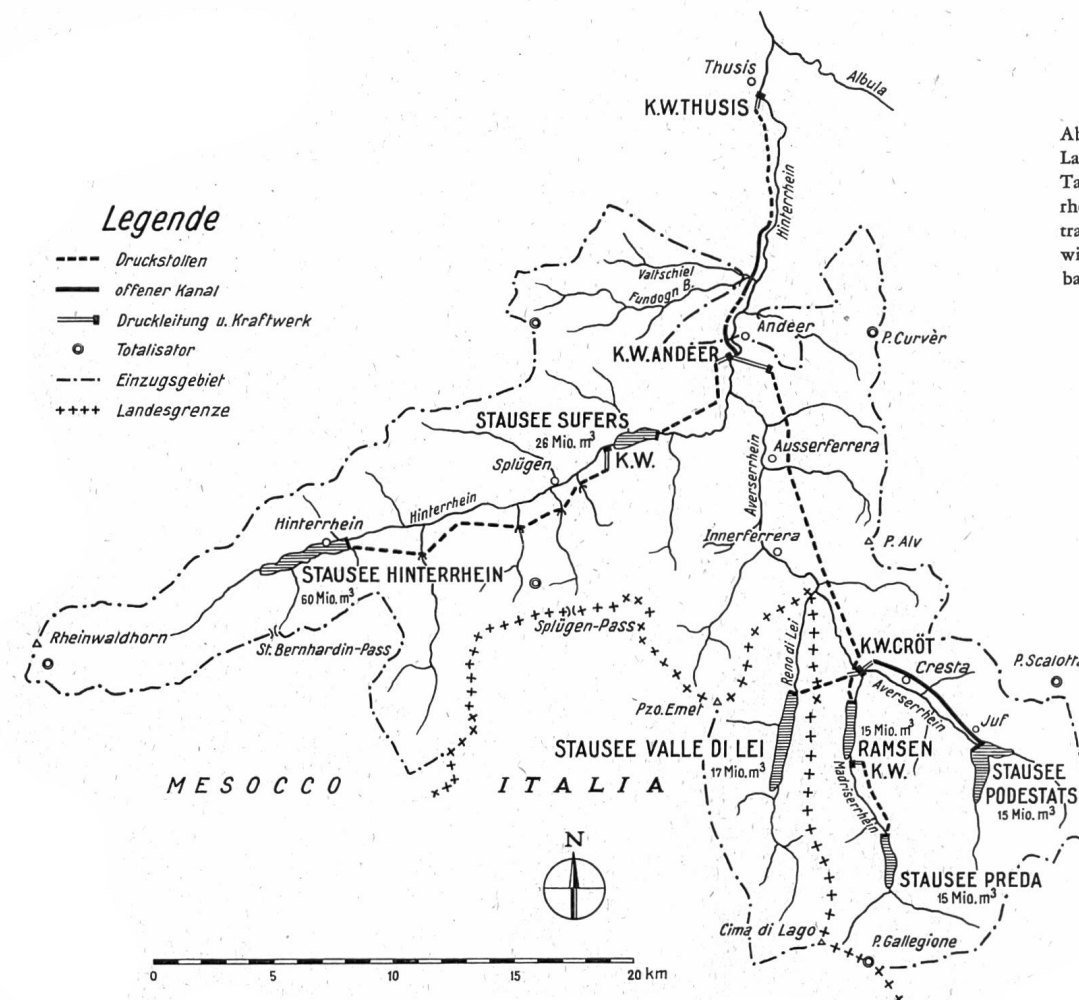


Abb. 5  
Lageplan der Projektstudie Froté/Tarnuzzer 1911/14 für die Hinterrheinkraftwerke, verfaßt im Auftrage des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes (nach Verbandschrift SWV Nr. 4, 1920)

Gefällsstufe Sufers-Andeer mit einem Stausee bei Sufers. Das Projekt wurde von der «Lonza AG» übernommen und weiter entwickelt. In den Jahren 1917/18 erwarb sich die Lonza AG, welche seit 1903 im Besitze des Kraftwerkes und der Carbidgefabrik Thusis war, die ersten Konzessionen am Hinterrhein und Averserrhein, die 1920, anlässlich der Gründung der «Rhätische Werke für Elektrizität AG» (RW) in Thusis, in den Besitz dieser Gesellschaft gelangten. Von 1920 an war es eine der wichtigsten Aufgaben dieser Gesellschaft, unter der Leitung ihres initiativen und weitschauenden Direktors, Ing. G. Lorenz, die Vorarbeiten für eine großzügige Wasserkraftnutzung am Hinterrhein zu leisten.

Seit anfangs der zwanziger Jahre erfolgte die Projektbearbeitung durch die Motor-Columbus AG für elektrische Unternehmungen in Baden, die auf Grund einer geologischen Expertise aus dem Jahre 1921 von Prof. Dr. A. Buxtorf; Basel, auch die Anlage eines großen Stausees bei Splügen (Stausee Rheinwald) vorsah. Aus der großen Zahl langjähriger Studien sind vor allem hervorzuheben das Projekt 1930/31 und das Dreistufenprojekt 1942, sämtliche mit großem Stausee Rheinwald. Das erste bildete die Grundlage für das Konzessionsgesuch von 1930, das im April 1930 durch die Gemeinden Splügen, Medels i. Rh. und Nufenen abgelehnt wurde.

Die Gesamtkonzeption des Projektes 1930/31 ist aus Abb. 6 ersichtlich. Zu diesem Zeitpunkt waren sogar sieben Speicherbecken vorgesehen, die sich wiederum auf das Rheinwaldgebiet und auf verschiedene Täler im Avers verteilen:

Speicherbecken	Mio m <sup>3</sup>
Curciusa	13
Splügen/Rheinwald	280
Sufers	20
Lai da Vons	4,5
Preda/Madris	15
Ramsen/Madris	20
Valle di Lei	20
Zusammen	372,5

Die mittlere jährliche Energieproduktion der fünf Zentralen Nufenen, Sufers, Innerferrera, Andeer und Sils, deren Realisierung etappenweise vorgesehen war, wurde auf 1213 Mio kWh errechnet, wovon 822 Mio kWh oder 68 % auf den Winter entfallen wären. Im Vordergrund des Interesses stand damals allerdings nur das Zweistufenprojekt als erste Etappe mit Zentralen in Andeer und Sils, einer totalen installierten Leistung von 460 000 PS und einer mittleren jährlichen Energieproduktion von 1098 Mio kWh, wovon 633 Mio kWh oder 58 % auf den Winter entfallen wären; in diese I. Etappe war nur der Stausee Rheinwald einbezogen mit der Zuleitung des Averserrheins in den großen Stausee.

Weitere Studien führten schließlich zum Dreistufenprojekt 1942, das Speicheranlagen nur noch im Rheinwaldgebiet vorsah; aus geologischen, wirtschaftlichen und anderen Erwägungen wurden die geplanten Speicherbecken auf Lai da Vons und in den Aversertälern fallen gelassen. (Abb. 7)

Einige typische Daten dieses Projektes sind aus Tabelle 1 ersichtlich:

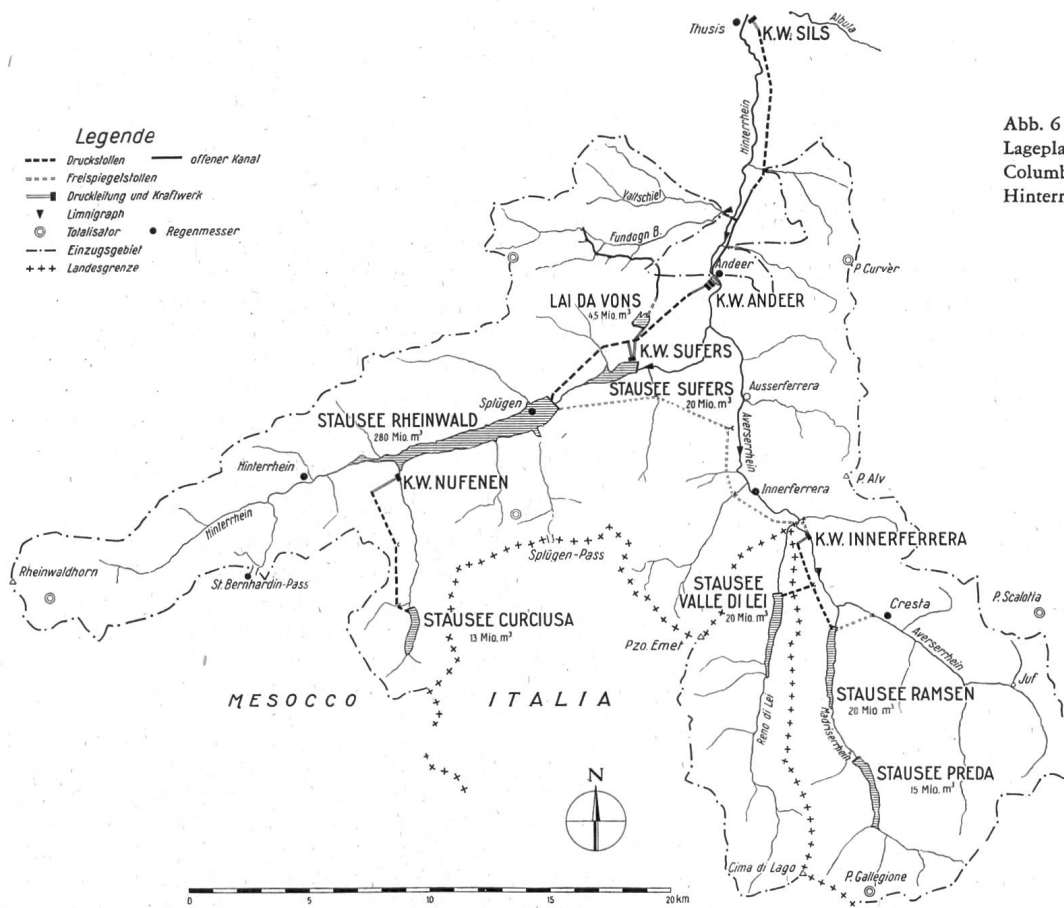


Abb. 6  
Lageplan des Projektes Motor-Columbus 1930/31 für die Hinterrheinkraftwerke

**Tabelle 1** Dreistufenprojekt 1942 der Hinterrhein-Kraftwerke mit den Stauseen Rheinwald und Sufers

Kraftwerkstufe	Ausbau- wassermenge m <sup>3</sup> /s	Netto- gefälle m	Total inst. Turbinen- leistung PS	Max. mögl. Leistung ab Generator kW	Mittlere mögliche Energieerzeugung in Mio kWh		
					Winter	Sommer	Jahr
I. Stausee Rheinwald-Sufers	44	49/152	60 000	42 000	83	32	115
II. Stausee Sufers-Andeer	59	393	272 000	190 000	329	202	531
III. Andeer-Sils [Pumpwerk Sufers]	45	280	152 000 [44 000]	106 000 [31 000]	262	246 - 57	508 - 57
zusammen		722/825	484 000 [44 000]	338 000 [31 000]	674	423	1097

Hauptobjekte dieser Projektkonzeption waren die Stauseen Rheinwald mit 280 Mio m<sup>3</sup> Nutzinhalt (Staumauerkubatur rund 1 Mio m<sup>3</sup>) und Sufers mit 20,8 Mio m<sup>3</sup> (Staumauerkubatur 75 000 m<sup>3</sup>), die eine Speicherenergie von 511 Mio m<sup>3</sup> oder 76% der Winterenergie bzw. 47% der Gesamtenergie darstellten. Die Anlagekosten wurden mit 244 Mio Fr. (Preisbasis 1939) veranschlagt.

Das Interesse für den Ausbau der Kraftwerke am Hinterrhein wurde immer reger. Bereits 1934 hatte die Stadt Zürich für ihr Elektrizitätswerk als erste Unternehmung mit einem großen Absatzgebiet 25% «Miteigentum und Beteiligungsrecht an den Vorarbeiten und an der weiteren Entwicklung der Nutzbarmachung der Hinterrheinwasserkräfte» erworben. 1941 folgte die Nordostschweizerische Kraftwerke AG, ebenfalls mit 25%. Der Anteil der Rhätische Werke AG betrug zu dieser Zeit also noch 50%, reduzierte sich aber durch die Beteiligung weiterer Unternehmungen (Aare-Tessin AG 1942 mit 12%, Bernische Kraftwerke AG, Beteiligungsgesellschaft, 1942 mit 10% und Elektrizitätswerk der Stadt Basel 1943 mit 3%) auf 25%. Diese Unternehmungen schlossen sich gemäß Konsortialvertrag vom 25. August 1942 zum «Konsortium Kraftwerke Hinterrhein» (KKH) zusammen. Darin konnten erstmals die großen Elektrizitätsunternehmungen der deutschsprachigen Schweiz für die Inangriffnahme einer großen Aufgabe zusammengefaßt werden.

Das Dreistufenprojekt 1942 sah die Ausnutzung der Wasserkräfte auf dem Gebiet von 19 Territorial-Gemeinden vor. Bekanntlich haben im Kanton Graubünden die Gemeinden die Wasserhoheit inne und sind demnach allein verleihungsberechtigt, während der Kleine Rat lediglich das Genehmigungsrecht ausübt. Die erforderlichen Konzessionen wurden von 16 Gemeinden erteilt, während die drei Gemeinden Splügen, Medels i. Rh. und Nufenen am 25. Juli, 6./7. August 1942 das Konzessionsgesuch vom 14. Februar 1942 zum zweiten Male ablehnten.

Durch die Schaffung des großen Stausees Rheinwald wären beträchtliche Areale von Kulturland der Gemeinden Splügen, Medels und Nufenen, ferner das ganze Dorf Splügen und auch einige Häuser in Medels überflutet worden. Die dadurch bedingte Umsiedlung der betroffenen Einwohner im Tal selbst bzw. in andere Gegenden Graubündens wurde in jahrelanger Arbeit eingehend studiert, und es boten sich günstige Lösungs-

möglichkeiten, besonders im fruchtbaren Domleschg. Die Überflutung des Talbeckens hätte aber einen schwerwiegenden Eingriff in die Natur und Kultur einer bodenständigen Bevölkerung bedeutet, so daß der zähe Widerstand der Rheinwalder verständlich ist. Diese Umstände bewogen die Stimmberechtigten der drei betroffenen Gemeinden, die gewünschte Konzession nicht zu erteilen. Gegen den ablehnenden Beschluß der drei Rheinwaldgemeinden rekurrierte das Konsortium Kraftwerke Hinterrhein (KKH) am 25. August/9. September 1942 an den Kleinen Rat des Kantons Graubünden unter Berufung auf die Art. 3 und 12 des bündnerischen und Art. 11 des eidgenössischen Wasserrechtsgesetzes und ersuchte um Erteilung der Verleihungen für den Stausee Rheinwald. Der Kleine Rat wies aber im Februar/März 1944 den Rekurs ab. Daraufhin leitete das KKH am 6. April 1944 einen Rekurs an den Bundesrat und am 8. April eine staatsrechtliche Beschwerde an das Bundesgericht.

Die Sorge um die rechtzeitige Bereitstellung großer und wirtschaftlich sehr vorteilhafter Energiemengen durch Realisierung eines seit Jahren ausgearbeiteten Projektes bewog die Konzessionsbewerber zur Beschreibung aller Rechtswege.

Nachdem bereits der Kleine Rat im Jahre 1941 eine technische Expertenkommission mit Prof. Dr. h. c. E. Meyer-Peter als Präsidenten mit der Prüfung des Hinterrheinprojektes und der Abklärung über die Möglichkeit des wirtschaftlichen Ausbaues anderer Werkgruppen in Graubünden beauftragt und Ende 1942 das Gutachten erhalten hatte, ernannte nun auch der Bundesrat eine Expertenkommission (Prof. Dr. h. c. E. Meyer-Peter, Dr. h. c. H. Eggenberger und Dir. E. Payot) zur Prüfung der Ausbaumöglichkeit verschiedener Kraftwerkgruppen, deren Ergebnisse in den Gutachten vom 10. Januar und 1. Juni 1946 festgehalten sind. Alle Gutachten kamen zum Schluß, daß das Hinterrheinprojekt mit Stausee Rheinwald als die günstigste Kraftwerkombination zu betrachten sei, legten aber gleichzeitig auch andere interessante Werkkombinationen vor, für die allerdings noch keine ausgearbeiteten Projekte bestanden.

Die Bemühungen um ein freiwilliges Entgegenkommen der drei Gemeinden im Rheinwald und weitere langwierige Verhandlungen fanden erst am 29. November 1946 ihren Abschluß, als der Bundesrat aus rechtlichen Gründen letztinstanzlich den Rekurs der Konzessionsbewerber abwies und damit den Standpunkt der

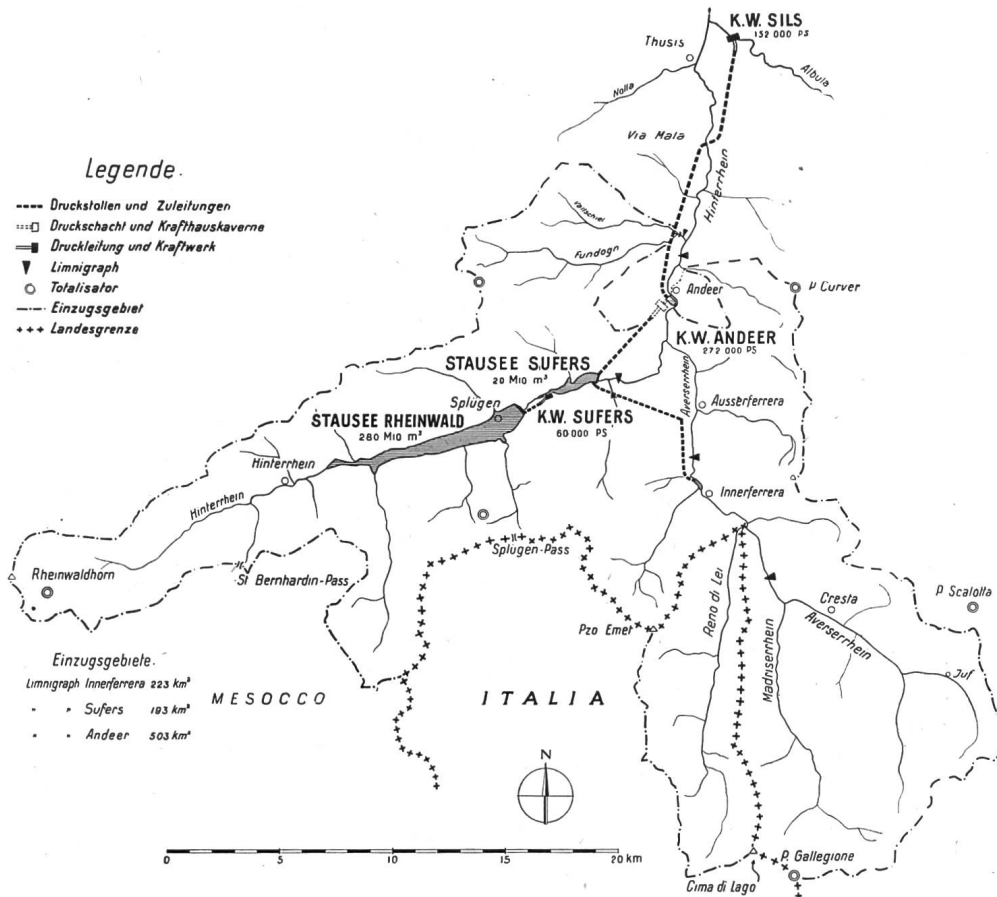


Abb. 7  
Lageplan des Dreistufenprojektes  
Motor-Columbus 1942 für die  
Hinterreinekraftwerke

betroffenen Gemeinden schützte. Am 4. Dezember 1946 zogen die Konzessionsbewerber die staatsrechtliche Beschwerde beim Bundesgericht zurück.

Durch dieses jahrelange Hinauszögern eines Entschoides wurde leider unwiederbringlich viel Zeit verloren.

#### 4. Umstellung auf die Speicherung in Valle di Lei

Nachdem der Rekurs zur Erlangung der Konzession für den Stausee Rheinwald, wie oben erwähnt, am 29. November 1946 vom Bundesrat abgewiesen wurde, beauftragte der «Vorbereitungs- und Projektierungsausschuß» (VPA) des KKH in seiner 54. Sitzung am 4. Dezember 1946 die Motor-Columbus AG (MC) mit der Abklärung der Ausbauwürdigkeit der beiden Stufen Sufers-Andeer und Andeer-Sils ohne Stausee Rheinwald, ihrer günstigsten Ausbaugröße und eines Ersatzes für den Stausee Rheinwald.

Als Ingenieur an der Bauabteilung der Motor-Columbus AG hatte ich seit 1942 Gelegenheit, mich intensiv mit den technischen und wirtschaftlichen Problemen der Hinterreine-Kraftwerke zu befassen und vor allem ab Herbst 1946 bis zum Herbst 1950 die weitere Projektierung am Hinterreine in enger Zusammenarbeit mit den Geologen, besonders mit dem hochverehrten Professor Staub, vorzunehmen, sowie an den Verhandlungen des VPA und mit der italienischen Società Edison als Aktionärin der Rhätische Werke AG und somit Vertreterin der italienischen Interessen am Ausbau des Hinterreins, mitzuwirken. In einer internen Besprechung bei MC vom 3. Dezember 1946 als Vorbereitung zur obgenannten VPA-Sitzung wies ich dabei, ohne

Kenntnis früherer Verhandlungen, auf die Möglichkeit der Schaffung einer Groß-Speichereinrichtung im italienischen Valle di Lei hin, auf die mich kurz zuvor Ing. Max Passet, Thusis, aufmerksam gemacht hatte; die Studien für den Einbezug einer Groß-Speicherung in Valle di Lei wurden dann unverzüglich aufgenommen. Ing. Passet hat wohl als erster die Möglichkeit einer Groß-Speicherung in Valle di Lei erkannt und studiert, da er dieses abgelegene und unbewohnte italienische Bergtal aus persönlicher Initiative schon frühzeitig näher erkundet hatte.

Wie aus den kurzen Darlegungen in Abschnitt 3 hervorgeht, war bereits in den generellen Studien 1912/1914 von Ing. Froté und dem Geologen Dr. Chr. Tarnutzer eine Speichereinrichtung von 17 Mio m<sup>3</sup> im mittleren italienischen Valle di Lei vorgesehen (Abb. 5), wofür eine Talsperre von 70 m Höhe als erforderlich erachtet wurde. Das ebenfalls erwähnte Projekt 1930/31 von Motor-Columbus (Abb. 6) sah am Reno di Lei ein Speicherbecken von 20 Mio m<sup>3</sup> vor.

Hin und wieder von MC vorgenommene ältere Studien betr. Valle di Lei basierten auf der Siegfriedkarte, die, wie sich später herausstellte, an der in Frage kommenden Sperrstelle am Reno di Lei in der Kurvendarstellung Höhenfehler bis zu 50 m aufwies, so daß für große Speichereinrichtungen stets absolut unwirtschaftliche Staumauerhöhen und -Kubaturen resultierten, beispielsweise für einen Stauinhalt von 172 Mio m<sup>3</sup> eine Staumauerhöhe von 175 m mit einer Staumauerkubatur von nahezu 2 Mio m<sup>3</sup>! Zudem ist nicht zu vergessen, daß eine offizielle Begehung des abgelegenen italienischen Tals und die Anknüpfung internationaler Verhandlungen während des Krieges gar nicht möglich waren.



Nach Beschaffung neuer topographischer Pläne, die in Bern als Unterlagen für die neue Landeskarte vorhanden und nunmehr erhältlich waren, wurden nun bei MC vorerst generelle Projektstudien vorgenommen; wegen des herrschenden Winters war eine zweckentsprechende Erkundung des Geländes nicht möglich, so daß diese und die geologischen Studien erst im Frühjahr 1947 einsetzen konnten.

Intensive Untersuchungen erlaubten es, bereits am 15. Januar 1947 mit einem Nachtrag vom 25. Januar 1947 eine generelle Projektstudie mit einem Stausee Valle di Lei von 140 Mio m<sup>3</sup> dem VPA einzureichen. Diese Studie sah als Ergänzung zu einem Groß-Speicher in Valle di Lei auch den Einbezug eines Speicherbeckens Zervreila von 50 Mio m<sup>3</sup> in die Wasserkraftnutzung der Hinterrheinwasserkraft vor. Diese und alle späteren Studien, die mit Staubecken in Zervreila bis zu 100 Mio m<sup>3</sup> variierten, zeigten eindeutig, daß der Einbezug des Stausees Zervreila mit Zentrale in Nufenen in die Kraftwerkgruppe Hinterrhein die wirtschaftlichste Nutzung dieses im Einzugsgebiet des Valserrheins gelegenen Stausees dargestellt hätte.

Der Vollständigkeit halber sei auch erwähnt, daß *W. Versell*, Wasserwirtschaftsingenieur des kantonalen Bauamtes Graubünden, in der Sektion Graubünden des SIA am 10. Januar 1947 in Chur einen Vortrag, betitelt «Kraftwerkgruppe Val di Lei-Sufers-Andeer-Sils», hielt, wobei eine Projektidee mit einer direkten Stufe Valle di Lei-Sufers zur Darstellung gelangte und damit wesentlich von der von MC gewählten Konzeption und der folgenden Entwicklung abwich.

*Weitere Studien MC* und Untersuchungen über die wirtschaftlichste Ausbaugröße eines Stausees im Valle di Lei (Varianten mit 140, 160, 180 und 200 Mio m<sup>3</sup>) fielen sowohl nach der Berechnungsart der eidg. Experten<sup>2</sup> als auch nach der verfeinerten Bewertung der Energie gemäß dem sog. «Tarif Engler» zu Gunsten einer Staubeckenkapazität von 160 Mio m<sup>3</sup> aus; da jedoch ein Staubecken von 200 Mio m<sup>3</sup>, das wegen der zur Verfügung stehenden Wassermengen im natürlichen Einzugsgebiet des Averserrheins als obere Grenze bezeichnet werden konnte, nur unwesentliche Mehrkosten (Größenordnung 4%) der Winterenergiemenge, bei einem Mehranfall von rund 100 Mio kWh, ergab, wurde allen weiteren Projektstudien ein Stauraum von 200 Mio m<sup>3</sup> zugrundegelegt, um dem großen Bedarf an Winter- und speziell an der jederzeit verfügbaren Speicherenergie möglichst weit entgegenzukommen. Mit einer solchen Speicherung ist die Winterenergieproduktion praktisch gleich groß wie beim Dreistufenprojekt mit Stausee Rheinwald, und das erforderliche Stauziel erreicht damit auch die von Prof. Dr. R. Staub in seinem vorläufigen und generellen Gutachten vom 14. März 1947 angegebene, wahrscheinlich realisierbare obere Grenze.

Da das natürliche Einzugsgebiet des Reno di Lei bei der Sperrstelle (46,5 km<sup>2</sup>) im Mittel nur einen jährlichen Abfluß von rund 70 Mio m<sup>3</sup> aufweist, müssen zur Füllung eines 200 Mio m<sup>3</sup> fassenden Stausees Valle di Lei große Wassermengen aus schweizerischen Einzugsgebieten, d. h. aus dem oberen Avers und Madris

sowie aus dem oberen Val d'Emet mit natürlichem Gefälle zugeleitet und die noch fehlenden Wassermengen — besonders ausgeprägt in trockenen Sommern — von Innerferrera hochgepumpt werden.

Schon am 10. Februar 1947 fand durch eine Dreierdelegation des VPA eine erste Fühlungnahme mit dem Eidg. Post- und Eisenbahn-Departement (EPED) statt, wobei die staatspolitischen Fragen betreffend einen Stausee Valle di Lei zur Sprache kamen. Anlässlich dieser Aussprache äußerte Bundesrat Celio den Wunsch, eine wohlbegründete Eingabe über ein Valle di Lei-Hinterrhein-Projekt zu erhalten, damit der Bundesrat und namentlich das Eidg. Militärdepartement (EMD) dazu prinzipiell Stellung nehmen können. Demzufolge entstand das «Generelle Vorprojekt 1947 der Kraftwerke Val di Lei-Hinterrhein», datiert vom 15. April 1947, das am 5. Mai 1947 vom KKH dem EPED, dem Bau- und Forstdepartement Graubünden und der Società Edison, Milano, eingereicht wurde. Die Projektgestaltung Sufers-Andeer-Sils wurde in der Stufeneinteilung und Tracierung vorläufig vom Dreistufenprojekt 1942 übernommen.

Da dieses generelle Vorprojekt, wie bereits erwähnt, im Winter und ohne vorgängige Terrainstudien aufgestellt werden mußte, war es notwendig, in späteren Studien verschiedene Projektmodifikationen vorzunehmen. Über die Geologie der Valle di Lei lag ein vom 14. März 1947 datierter, ganz genereller Bericht von Prof. Dr. R. Staub vor, der ebenfalls ohne vorgängige Begehung im Terrain verfaßt werden mußte.

Die erste offizielle *Rekognoszierung* in Valle di Lei fand vom 2. bis 4. Juli 1947 statt, und es nahmen daran Vertreter der Behörden, der Konsortialen des KKH, der Projektverfasser und als wichtigste Berater die Geologen Prof. Dr. Rudolf Staub, ETH, Zürich, und Prof. Ardito Desio von der Universität Mailand teil. Die Exkursionsteilnehmer waren im italienischen Alpental Gäste der Società Edison, die in den primitiven Alphütten von St. Anna saubere Unterkünfte improvisiert hatte, wofür sogar neues Mobiliar über den 2400 m hohen Passo di Angeloga aus Italien heraufgeschafft worden war. Von dieser historischen Begehung — es sind nun seither gerade 10 Jahre verflossen —, die gleichsam den Auftakt für die Zusammenarbeit mit unserem südlichen Nachbarland bildete, sollen die Abbildungen 8/18 als Erinnerung zeugen. Schon bei dieser ersten Begehung wurde für die große, etwa 135 m hohe Talsperre die geologisch günstigste Lage rund 3,2 km flußaufwärts der bei der Einmündung des Reno di Lei in den Averserrhein liegenden schweizerisch-italienischen Grenze erkannt; es wurde auch schon die Lage für den Vortrieb von zwei Sondierstellen an der linken Talflanke fixiert und deren Durchführung von der Società Edison übernommen. Zudem wurde beschlossen, sofort topographische Aufnahmen des Staubeckens Valle di Lei im Maßstab 1:5000 und der Sperrstelle im Maßstab 1:1000 in Auftrag zu geben.

*Valle di Lei*, das 52,85 km<sup>2</sup> umfassende italienische Alpental, besitzt zwischen 1800 und 2000 m ü. M. etwa 15 Alpen mit schönem Weidgrund, die von Piuro, Chiavenna und noch südlicher gelegenen italienischen Gemeinden mit Groß- und Kleinvieh bestoßen werden, das als Zugang den mühsamen Weg von Campodolcino in

<sup>2</sup> Gemäß Gutachten über das Dreistufenprojekt der Hinterrhein-kraftwerke und einige Ersatzprojekte, erstattet an das EPED am 1. Juni 1946 durch Prof. Dr. E. Meyer-Peter, Dr. h. c. H. Eggenberger und Dir. E. Payot.



Erste offizielle Rekognoszierung im Valle di Lei, 2./4. Juli 1947 (Abb. 8 bis 18)

Abb. 8 (links) Erster Blick in das italienische Alpental; Prof. Staub und Ing. Marcello orientieren sich über die Ausdehnung des großen Stausees, im Hintergrund Kantons-obering. Schmid



Abb. 9 (links) Erste Orientierung auf dem Grenzkamm Passo del Scengio oder Furgge; im Hintergrund Valle di Lei mit Pizzo Stella

Abb. 11 (unten) Der italienische Geologe Dr. Ardito Desio, Prof. an der Universität Mailand, und Dott. ing. Claudio Marcello, Direktor der Società Edison (Prof. Desio war Leiter der italienischen Karakorum-Expedition, die 1954 den 8611 m hohen K2, den zweithöchsten Berg der Erde, bestieg)



Abb. 10 Prof. Staub erläutert die geologische Lage, links Ing. Marcello und Ing. Maugini, rechts Dr. Zwygart

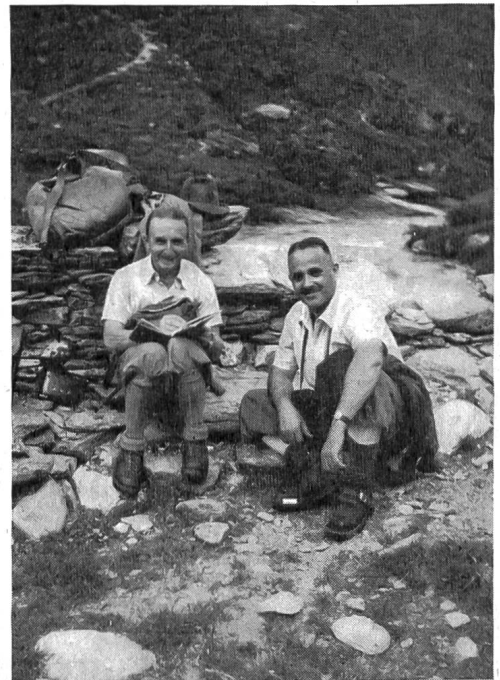






Abb. 12 Blick vom Aufstieg zur Furgge gegen Crôt und das obere Avers

Erste offizielle Rekognoszierung im Valle di Lei, 2./4. Juli 1947 (Abb. 8 bis 18)

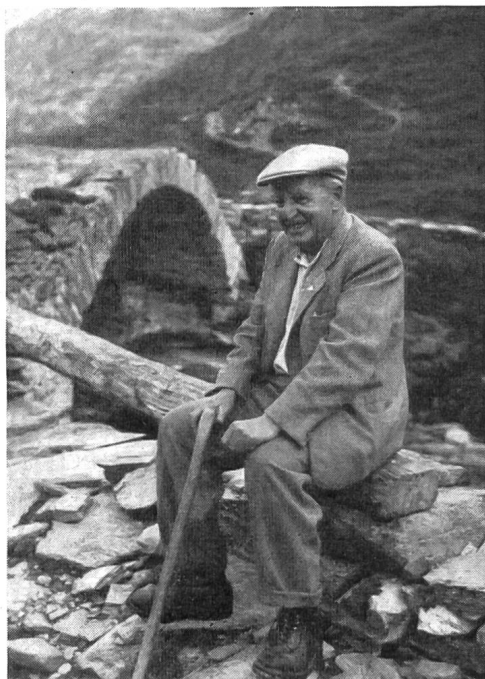


Abb. 15 Prof. Staub bei der Alpe Scengio im Talboden



Abb. 13 Beim gewölbten Steinbrücklein bei der Alpe Scengio am Reno di Lei. Der süffige Albanerwein schmeckt auch aus der Holzschüssel (Prof. Staub, Ing. Töndury, Ing. Sonderegger, Dr. Zwygart und Alphirt)



Abb. 14 Blick vom mittleren Valle di Lei talauswärts gegen Piz la Mazza und Piz Grisch; beim markanten Talprofil geplante Sperrstelle, oben rechts Furgge



Abb. 16 Italienische Träger mit Proviant- und Weinnachschub

Abb. 17

Blick von der Furgge auf das langgezogene Valle di Lei und Pizzo Stella, rechts davon Passo di Angeloga



Val S. Giacomo über den 2400 m hohen Angelogapaß nehmen muß. Die Alphütten, aus Stein gebaut und äußerst primitiv, sind im Sommer von kinderreichen Familien bewohnt. Etwa in der Mitte des langen Hochtales befindet sich die kleine Kapelle St. Anna, und am 26. Juli, dem Jahrestag der Heiligen, findet jährlich ein Alp-Fest mit Feldgottesdienst statt, zu dem Jung und Alt aus den tiefgelegenen italienischen Talschaften heraufpilgert.

Orographisch gehört das vom Reno di Lei durchflossene, vom 3162 m hohen vergletscherten Pizzo Stella beherrschte Tal zum Einzugsgebiet des Averserrheins; das italienische Territorium reicht jedoch bis zur Straßenbrücke der Kantonsstraße im Avers, wie aus Abb. 47 ersichtlich ist.

Das Valle di Lei gehörte früher als Alpgebiet von Piuro und Chiavenna — wie Schams und Avers — den Grafen von Werdenberg-Sargans und wurde am 19. Juli 1462 von den Grafen Wilhelm und Georg für 100 rheinische Goldgulden der Gemeinde Plurs (Piuro) ob Chiavenna verkauft, einer wohlhabenden Gemeinde, die am 25. August 1618 mit 2430 Einwohnern durch einen gewaltigen Bergsturz verschüttet wurde. Später entstanden aus diesem Verkauf viele Streitigkeiten und Abtauschpläne und bis 1863/65 fanden mehrmals langwierige Grenzregulierungsverhandlungen statt, um Unklarheiten zu beseitigen (in der ersten Ausgabe der Dufourkarte von 1858 war dieses Tal irrtümlicherweise als schweizerisches Territorium verzeichnet!) und um die endgültige Grenzziehung so zu gestalten, daß die kanto-

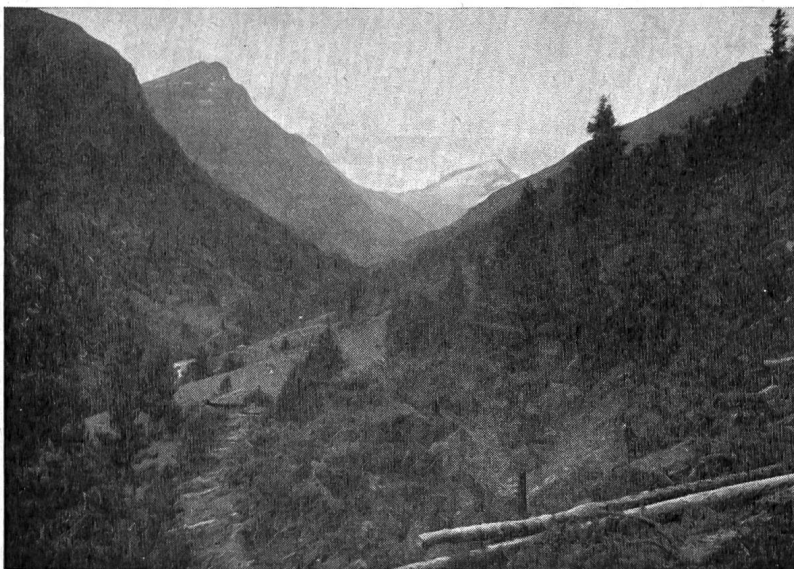


Abb. 18

Blick von Alpe Motta in das Valle di Lei, im Mittelgrund geplante Sperrstelle





Abb. 19 Vor der Inspektion des Sondierstollens an der linken Talflanke der geplanten Sperstelle Valle di Lei (Ing. Albisser, Prof. Staub, Prof. Desio, Geologe Dr. Nänny, Ing. Marcello, Ing. Conrad)

Rekognoszierungs-Expedition vom 6./9. Oktober 1947 (Abb. 19 bis 28)

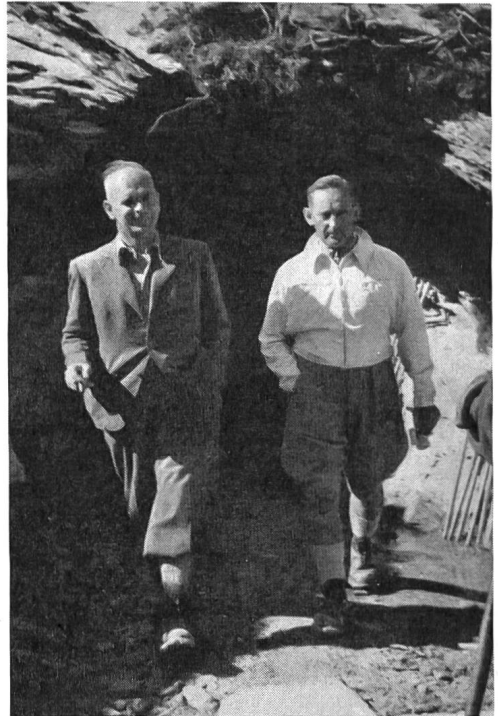


Abb. 22 Dr. Hunziker und Kantonsing. Schmid beim Verlassen des Sondierstollens



Abb. 20 Evviva! Freude über die guten Ergebnisse der Sondierung (Dir. Lorenz, Prof. Staub)

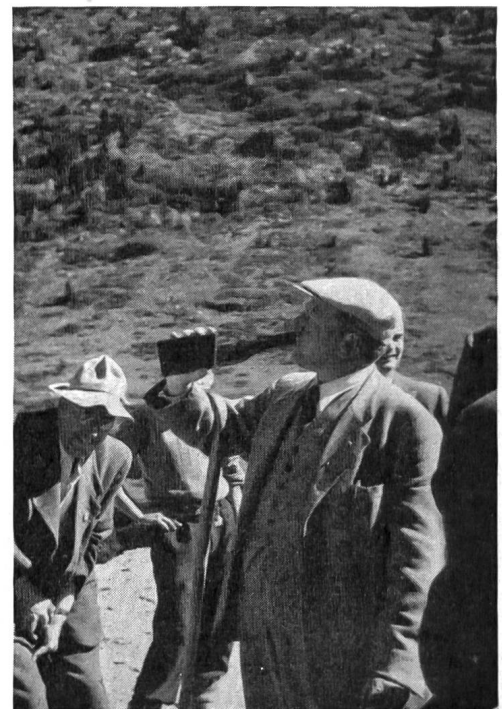


Abb. 23 Prof. Staub ist immer noch durstig und Dir. Lorenz sorgt für Nachschub



Abb. 21 Die beiden Geologen am schweizerisch-italienischen Grenzstein bei Alpe la Motta

nale Averserstraße nicht von ausländischem Territorium gekreuzt wird. Über den «Streit zwischen Italien und Graubünden um das Val di Lei» ist von Dr. H. E. Pappenheim im «Bündnerischen Monatsblatt (Zeitschrift für bündnerische Geschichte, Landes- und Volkskunde)», Jahrgang 1947 Nr. 6/7, Seiten 164/218, eine sehr interessante und aufschlußreiche Abhandlung erschienen.

Eine weitere «*Rekognoszierungs-Expedition*» mit starker Beteiligung der Konsortialen fand vom 6. bis 9. Oktober 1947 statt (Abb. 19/28), wobei besonders die Fassungsstellen und Stollentracierungen für die Bachzuleitungen aus dem Avers–Jufertal–Bregalgatal–Madrisertal und Val d'Emet näher geprüft, bereits die günstige Aufschlüsse zeigenden Sondierstollen bei der Sperrstelle in Valle di Lei besichtigt und weiter talwärts die vorgesehene Lage für die Sperrstellen unterhalb Innerferrera, bei Sufers und bei Bärenburg ob Andeer besucht wurden.

Für die Eingabe an die italienischen Behörden und an die von der Schweiz und Italien bestellten Verhandlungs-Delegationen zur Vorbereitung eines schweizerisch-italienischen Staatsvertrages wurde die Teildarstellung betreffend die internationale Kraftwerkstufe des obgenannten generellen Vorprojektes als «*Generelles Vorprojekt 1947 des Kraftwerks Val di Lei–Innerferrera*» mit Bericht vom 15. November 1947 abgeliefert und vom KKH den maßgebenden Instanzen eingereicht.

Die Unterteilung der beiden Kraftwerkstufen Sufers–Sils bildete den Gegenstand eingehender technisch-wirtschaftlicher und geologischer Untersuchungen, die schließlich zur Wahl der Lösung mit rechtsseitiger Stollenführung im Schams und damit auch zur Ausschaltung der technisch, betrieblich und vom Standpunkt des Naturschutzes unbefriedigenden Kreuzung der Viamalaslucht führten; diese Lösung forderte jedoch eine Verlegung des Ausgleichweihers von Andeer nach der Bärenburgschlucht mit höherer Lage des Druckstollens der untersten Stufe, damit die durch die großen Gehängeschuttmassen und Alluvionen des Schams vorzutreibenden Angriffsfenster nicht zu lange werden. Mit dieser neuen Disposition wurden, einzeln betrachtet, in wirtschaftlicher Hinsicht die Mittelstufe

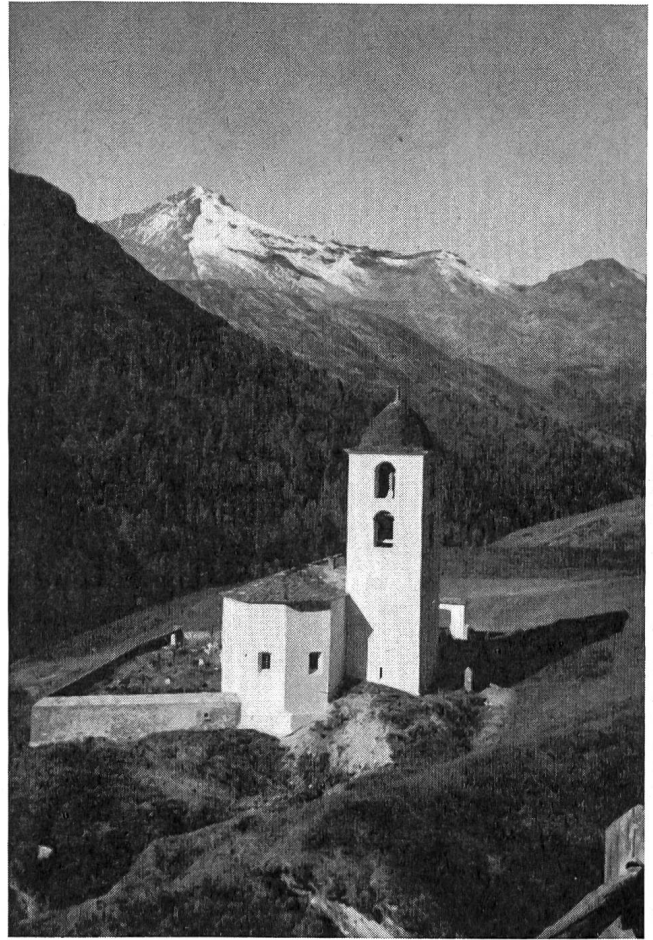


Abb. 24 Die schlichte Talkirche bei Cresta-Avers; im Hintergrund Piz Miez, jenseits des unteren Valle di Lei

verschlechtert, die Unterstufe verbessert und die gesamte Werkgruppe etwas verbessert.

Anlässlich der Studien für die Gesamtdisposition der Kraftwerkanlagen wurde ganz generell auch eine Lösung ohne Bachzuleitungen aus dem Avers und Madris nach Valle di Lei, jedoch mit Pumpwerk und Ausgleichweiherr Campsut (inst. Motorenleistung etwa 76 000 kW) untersucht, aus wirtschaftlichen Gründen aber nicht weiter verfolgt.



Abb. 25 Typische Walser Holzhütten im Avers, mit getrocknetem Schafmist als Brennmaterial





Abb. 26 Blick von Podestaten-Haus im oberen Avers Richtung Val Bregalga



Abb. 27 Die erste Jeep-Kolonne parkiert bei der Alp Preda im Val Madris; Blick taleinwärts

Inzwischen war auch mit der Società Edison, Milano, über Beteiligungsquote und Projektgestaltung Fühlung genommen worden, die ihrerseits im März 1947 den italienischen Behörden ein eigenes Projekt zur Wasserkraftnutzung des Reno di Lei mit Stausee Valle di Lei von 70 Mio m<sup>3</sup> und Kavernenzentrale unter dem Passo del Gualdo mit Wasserrückgabe an der italienisch-schweizerischen Grenze eingereicht hatte, damit also die Anlage einer vollständig italienischen Kraftwerkstufe vorsah.

Wohl vor allem als taktische Verhandlungsphase — bei den Bemühungen um die Verwirklichung großer Kraftwerkprojekte keine Seltenheit — unterbreitete die Società Edison in der Folge eine eigene, von der schweizerischen stark abweichende Projektkonzeption mit großem Stausee Valle di Lei und Wasserkraftnutzung bis Sils, und es begann nun ein langer und hartnäckiger Kampf um Vergleich und Wahl der Projektkonzeption Edison oder MC, verbunden mit neuen gemeinsamen Geländebegehungen (Abb. 29/33), sowie um die Beteiligungsquote des italienischen Partners an der zu gründenden schweizerischen Gesellschaft. Diese Verhandlungen zogen sich vom Dezember 1947 bis zum September

1948 hin und endeten mit der Entscheidung für die schweizerische Projektkonzeption mit dem *Grenzkraftwerk* Valle di Lei-Innerferrera als oberster Stufe und mit der Festlegung einer Beteiligungsquote für die So-

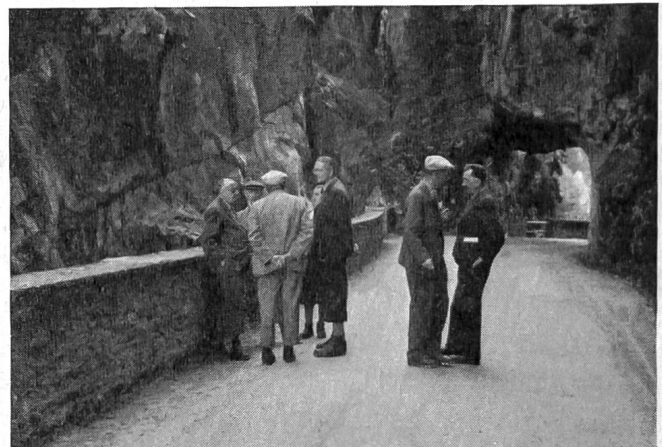


Abb. 28 Die Sperrstelle für den Stausee Sufers beim Suferser Törl am Hinterrhein



Abb. 29 Erregte Diskussion um eine Kavernen-Zentrale (Ing. Durisch, Dir. Lorenz, die Geologen Weber und Staub, auf der Valle di Lei-Brücke im Avers)



Abb. 30 In guter Stimmung auf dem Grenzkamm (Lorenz, Weber, Rickenbach, Töndury, Zwiggart, Staub, Hunziker; im Hintergrund Desio, Bertschi)

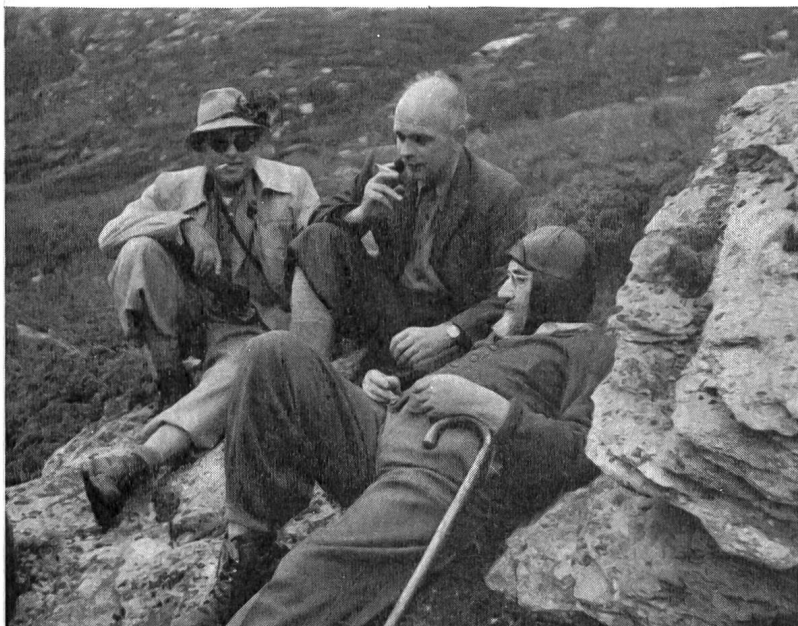


Abb. 31 Siesta ob der Sperrstelle

Exkursion vom Juni 1948 (Abb. 29 bis 33)



Abb. 32 In der Fundogn-Schlucht im Schams (Staub, Weber, Lorenz, Töndury)



Abb. 33 Es sind offenbar schwierige Probleme zu lösen; Dir. Rickenbach im Gespräch mit Dir. Marcello, im Hintergrund Obering. H. Bertschi († 28. 2. 57)





Abb. 34 Im Aufstieg zum Passo del Gualdo (M. Baptista, Präsident der Gemeinde Innerferrera, Reg.-Rat Dr. Chr. Margadant und J. Rostetter, Vertreter der Konzessionsgemeinden)

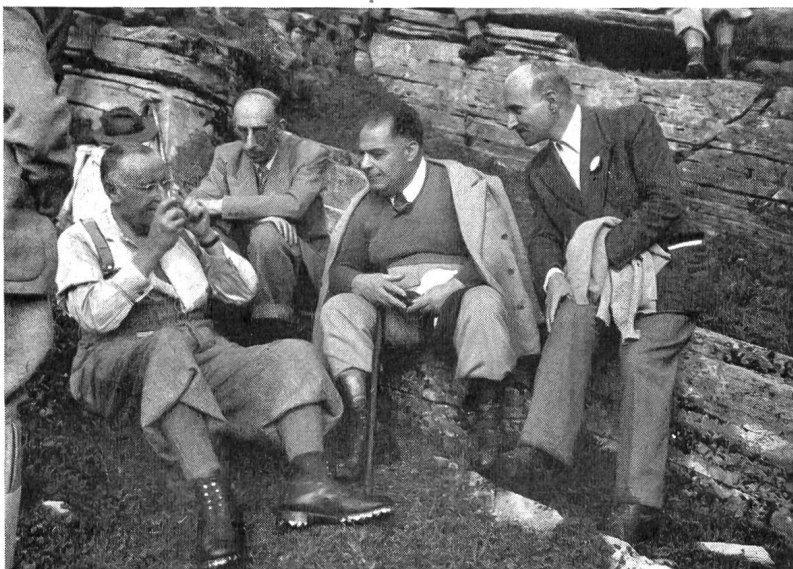


Abb. 35 Dir. Lorenz erläutert Prof. Visentini, Gr. Uff. Dott. P. di Stefano und Dott. ing. S. Alfieri seinen «Liliput»-Photoapparat



Abb. 36 Oberstkorpskommandant Renzo Lardelli und Reg.-Rat Dr. Margadant rasten im Valle di Lei

Exkursion mit Mitgliedern der internationalen Kommission und weiteren Prominenten, am 19./20. August 1948 (Abb. 34 bis 43)

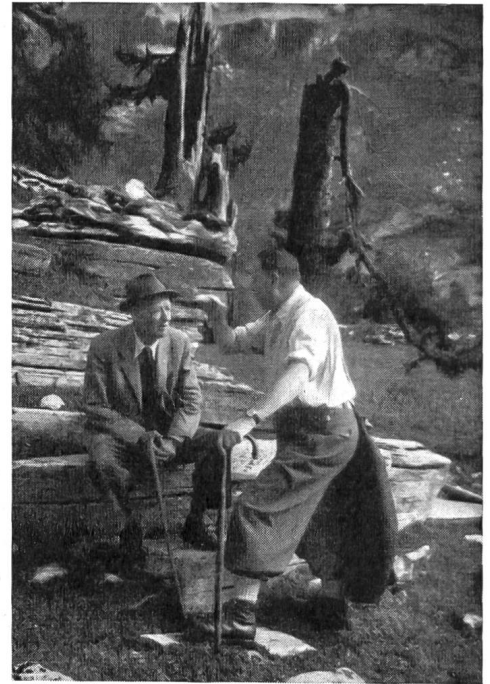


Abb. 37 Reg.-Rat W. Liesch im Gespräch mit dem schweizerischen Delegationschef Lardelli

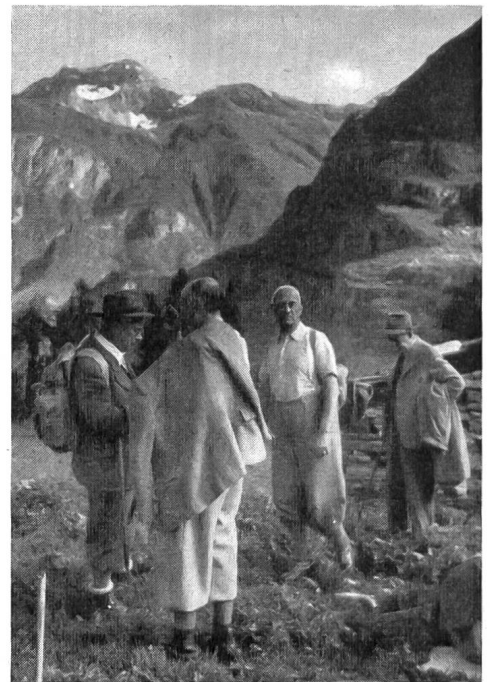


Abb. 38 Im Aufstieg zum Grenzkamm (Stadtrat J. Baumann, Dir. G. Lorenz, Dr. P. Corrodi, Oberstkorps-Kdt. Lardelli)



Abb. 39 Die beiden Delegationschefs: Oberstkörpskdt. Lardelli (Schweiz) und Prof. Visentini (Italien)

cietà Edison, Milano, von 20 % an der zu gründenden «Kraftwerke Hinterrhein AG». Diese relativ hohe Beteiligung erwuchs aus der Aktien-Beteiligung der Società Edison an der Rhätische Werke AG, Thusis, und ist auch dem Umstand zuzuschreiben, daß Italien das große Talbecken für die Speicherung italienischer und schweizerischer Abflüsse zur Verfügung

stellen wird. Erst mit diesen grundlegenden Entscheidungen wurde der Weg frei für die definitive Ausarbeitung und Einreichung des *schweizerisch-italienischen Konzessionsprojektes für die internationale Kraftwerkstufe Valle di Lei-Innerferrera vom 30. September 1948*, da die zwischenstaatlichen Verhandlungen von der Einreichung eines *gemeinsamen Projektes* abhängig gemacht wurden.

Von den beiden Staaten wurde je eine *Kommission für die zwischenstaatlichen Verhandlungen* und zur Vorbereitung des Staatsvertrags und der internationalen Wasserrechtsverleihungen bestellt; Präsident der schweizerischen Kommission war Oberstkörpskdt. *Renzo Lardelli* und, nach seinem im Oktober 1950 erfolgten Tode, a. Regierungsrat *Walter Liesch*; Präsident der italienischen Kommission war Prof. *Marco Visentini* aus Rom. Die beiden Kommissionen statteten der Valle di Lei am 19./20. August 1948 ihren offiziellen Besuch ab, von dem hier als Erinnerung auch verschiedene Bilder veröffentlicht werden können (Abb. 34/43).

Das *schweizerische Konzessionsprojekt 1948/49*, dessen Gesamtkonzeption aus dem Lageplan (Abb. 44) ersichtlich ist, umfaßt die gesamte Kraftwerkgruppe; das vorerwähnte Konzessionsprojekt für das Grenzkraftwerk bildet demnach einen Bestandteil der im schweizerischen Konzessionsprojekt behandelten Kraftwerkgruppe.

Die *Wasser- und Energiewirtschaft* und die Bewertung der Energie wurden monatsweise durchgeführt, vorerst für die Winterperiode November bis April in Anpassung an die Vorschläge der mehrfach erwähnten eidg. Experten, später mit der Winterperiode Oktober bis März gemäß der Definition der Ende 1949 vom Schweiz. Wasserwirtschaftsverband herausgegebenen «Richtlinien für die vergleichende Beurteilung der relativen Wirtschaftlichkeit von Wasserkraft-Vorprojekten». Zur Zeit der Projektierungsarbeiten lagen diese Richtlinien mit geringfügigen Abweichungen im Entwurf vor. Die Anwendung der gültigen «Richtlinien»



Abb. 40 Details-Erläuterungen auf dem Grenzkamm (Visentini, di Stefano, im Hintergrund Dir. E. Stiefel)

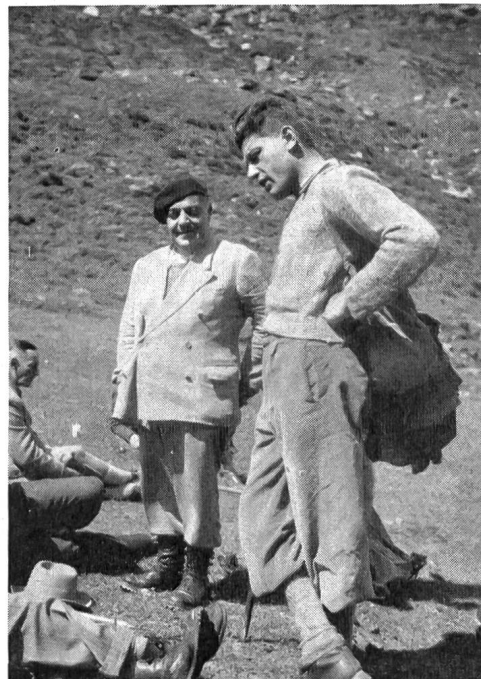


Abb. 41 Im Gespräch mit Segretario Trusoni, dem Vertreter der Alpen-Korporation Valle di Lei





Abb. 42  
Viehherde bei St. Anna im mitt-  
leren Valle di Lei; im Hinter-  
grund Pizzo Stella

ergab bei einem Jahreskostenfaktor von 6,93% und Energie-Übertragungskosten von 13% des Gesamtwertes der Energie (15% des Marktwertes der Energie ohne Speicherzuschlag) folgende Bewertungsquotienten:

I. Stufe: Valle di Lei-Innerferrera:	0,77
II. Stufe: Sufers-Andeer (Bärenburg):	1,22
III. Stufe: Andeer (Bärenburg)-Sils:	1,14
Ganze Werkgruppe:	1,04

Für die Festlegung der *Ausbaugrößen* der einzelnen Stufen wurden wirtschaftliche Untersuchungen nach der Methode der Monatsbewegung der Energie durchgeführt und zudem für die Stufen Sufers-Andeer-Sils die sehr eingehenden Untersuchungen und Wünsche der Konsortialen berücksichtigt, die sich bei

der Behandlung des Dreistufenprojekts mit Stausee Rheinwald ergaben.

Bei der *Kraftwerkstufe Valle di Lei-Innerferrera* wurde bewußt die Ausbaugröße nicht zu hoch vorgesehen, da ein langer und wenig geneigter Druckschacht und zudem die fast 6 km lange Zuleitung nach dem Stausee Sufers zu berücksichtigen waren; im übrigen ist nicht zu vergessen, daß der Stausee Sufers auch als Tages- und Wochenendausgleichbecken sehr nützliche Dienste leisten wird und eine weitere Konzentration der von Innerferrera zufließenden Nutzwassermengen erlaubt. Die verfeinerte Bewertung der Energie wurde durchgeführt für 24, 27, 30 und 36 m<sup>3</sup>/s, das Optimum zeigte sich für 28 m<sup>3</sup>/s; dem Projekt wurden 30 m<sup>3</sup>/s zugrunde gelegt.



Abb. 43  
Heutige Wasserkraftnutzung  
im Valle di Lei

Die Kraftwerkstufe *Sufers-Andeer* (Bärenburg) wurde wegen des konzentrierten Gefälles für einen hohen Ausbau vorgesehen, als Spitzenkraftwerk der gesamten Werkgruppe. Die verfeinerte Bewertung der Energie wurde nur für Nutzwassermengen von 50 und 60 m<sup>3</sup>/s durchgeführt und ergab für den höheren Ausbau einen um nur 2½% niedrigeren Wert, so daß dem Konzessionsprojekt die größere Nutzwassermenge zugrunde gelegt wurde.

Mit Rücksicht auf den langen Druckstollen wurde für die Stufe *Andeer* (Bärenburg)-Sils bei Zwischen-

schaltung eines genügend großen Ausgleichbeckens in der Bärenburgschlucht ein kleinerer Ausbau gewählt. Die verfeinerte Bewertung der Energie wurde durchgeführt für 40, 44 und 48 m<sup>3</sup>/s; das Optimum zeigte sich bei 44 m<sup>3</sup>/s, die Abweichungen nach beiden Richtungen waren aber minim. Der Ausbau wurde für 44 m<sup>3</sup>/s vorgesehen.

Die energiewirtschaftlichen Untersuchungen aller drei Kraftwerkstufen zeigten, daß man bei der Wahl der Ausbauwassermenge innerhalb eines gewissen Bereichs ziemlich frei ist, ohne daß sich die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Stufen wesentlich ändert. Auch die Untersuchungen der ganzen Kraftwerkgruppe mit verschiedenen Kombinationen der Ausbaugrößen der einzelnen Stufen ergaben nur geringe Abweichungen in der Wirtschaftlichkeit.

Für die Anlage des *Ausgleichbeckens Bärenburg*, im unteren Teil der wilden Roflenschlucht oberhalb Andeer, unmittelbar nach dem Zusammenfluß von Hinterrhein und Averserrhein gelegen, wurden zwei Sperrstellenvarianten und je Varianten für eine massive Gewichtsmauer und eine Bogenstaumauer untersucht, worauf man sich dann für die obere der untersuchten Sperrstellen mit einem Staubecken von 1 Mio m<sup>3</sup> Nutzinhalt und für eine massive Gewichtsmauer entschied. Verschiedene Daten des Konzessionsprojektes sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

Hauptobjekte dieser Projektkonzeption sind die Stauesee Valle di Lei mit 197 Mio m<sup>3</sup> und Sufers mit 18,3 Mio m<sup>3</sup> Nutzinhalt, die eine Speicherenergie von 520 Mio kWh oder rund 70% der Winterenergie bzw. 41% der Gesamtenergie darstellen (vergleiche entsprechende Angaben Rheinwaldprojekt S. 42).

Die Anlagekosten wurden auf Grund detaillierter Richtofferten erfahrener Unternehmungen und Spezialfirmen auf 513 Mio Fr. (Preisbasis 1948) veran-

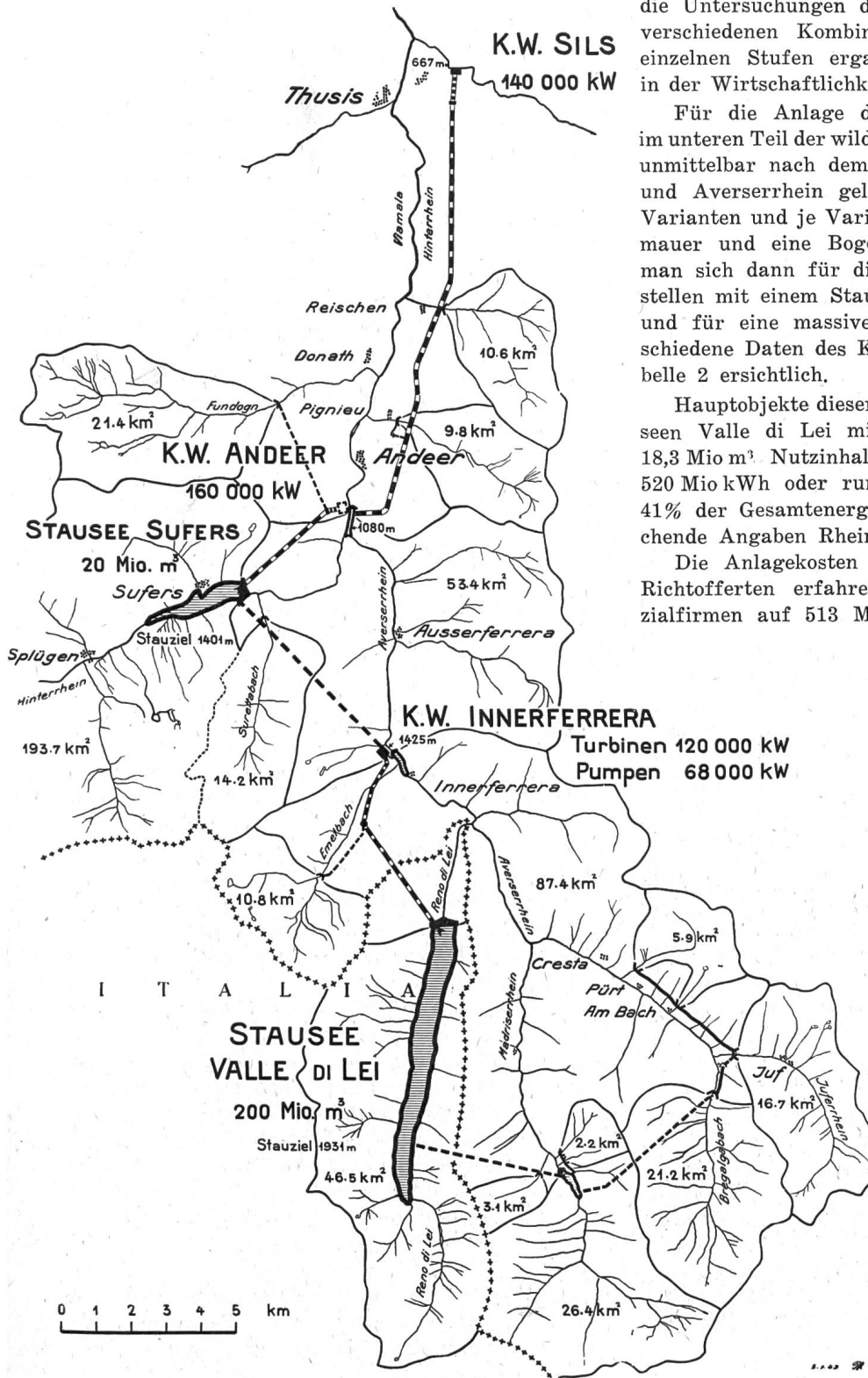


Abb. 44  
Lageplan des Konzessionsprojektes 1948/49 für die Valle di Lei-Hinterrhein-Kraftwerke



Tabelle 2

## Konzessionsprojekt 1948/49 der Kraftwerke Valle di Lei-Hinterrhein

Kraftwerkstufe	Ausbau- wasser- menge	Netto- gefälle	Total inst. Turbinen- leistung	Max. mögl. Leistung ab Generator	Mittlere mögliche Energieerzeugung in Mio kWh		
					m <sup>2</sup> /s	m	PS
I. Stausee Valle di Lei-Innerferrera	30	383/484	170 000	120 000	222	—	222
II. Innerferrera/Stausee Sufers-An- deer (Bärenburg)	60	315	230 000	160 000	230	244	474
III. Andeer (Bärenburg)-Sils [Pumperwerk Innerferrera]	44	380	200 000	140 000 [68 000]	299	333 - 70	632 - 70
zusammen		1078/1179	600 000 [100 000]	420 000 [68 000]	751	507	1258

schlägt. Bei Annahmen der Jahreskosten loco Werk zu 6,7 % der Anlagekosten und Einsetzung der Sommerenergie nach Ergebnis der Monatsbewertung gemäß mehrfach erwähnten «Richtlinien» des SWV ergaben sich die Gesteungskosten der Winterenergie zu 4,2 Rp./kWh loco Konsumgebiet bzw. 3,6 Rp./kWh loco Werk. Unter Berücksichtigung der Kostenreduktion bei Ausführung der in Italien zu erstellenden Anlagen mit

italienischer Arbeitskraft und italienischem Material ergaben sich bei damaligen Verhältnissen Gesteungskosten der Winterenergie von 3,9 bzw. 3,3 Rp./kWh.

An den Projekten wurde weiter gearbeitet, wobei man sich mehr und mehr den Detailfragen zuwandte. In den Jahren 1948/49 wurden im mittleren Teil der Valle di Lei an der rechten Talflanke sowie im Talbecken von Sufers und am Geißfrücken zur Abklärung der Dichtigkeit beider Staubecken Sondierungen durchgeführt (Abb. 45/46), die durchwegs gute Resultate zeigten.

Als das vielumstrittene Projekt für eine Kraftwerkgruppe Greina-Blenio-Somvix im Endstadium der Diskussionen und Dispute stand und sich das Scheitern aller Bemühungen abzeichnete, wurde im Dezember 1948 auch ein *gemeinsames Bauprogramm für den kombinierten Ausbau der Kraftwerkgruppen Valle di Lei-Hinterrhein und Greina-Blenio-Somvix* mit bindenden Baufristen seitens der Konzessionsbewerber den Behörden vorgelegt, doch waren auch diese Bemühungen umsonst, so daß sich die Kraftwerkunternehmungen bekanntlich zunächst dem Ausbau der Maggiakraftwerke zuwandten; dies nur als Hinweis auf eine weitere Episode im Bestreben um den Ausbau unserer Wasserkräfte.

Der Weg zur Erlangung der erforderlichen internationalen und kantonalen Wasserrechtsverleihungen für die Hinterrhein-Kraftwerke war noch recht lange.

Das Eidg. Militär-Departement verlangte, daß die große Talsperre für den Stausee Valle di Lei auf schweizerisches Territorium zu stehen komme; Italien war in entgegenkommender Weise bereit, hierfür einen begrenzten Gebietsaustausch vorzunehmen, wobei dieser aber erst nach Erstellung und Kollaudation der Staumauer geschehen könne. Als Ersatz wird Italien nördlich der bereits in italienischem Besitze befindlichen Alpe Motta am Abhang des Piz Mieze ein gleich großes Gebiet erhalten (Abb. 47). Die Bestimmungen hierüber sind schweizerischerseits in der vom 30. Januar 1953 datierten Botschaft des Bundesrates an die Bundesversammlung enthalten.

Es folgen einige Angaben über die wichtigen Etappen des Verleihungsverfahrens im Zeitraum 1947 bis 1956, aus denen die vielseitigen und komplexen Probleme erkennbar sind:



Abb. 45 Sondierungen im Talboden von Sufers, Aufnahme September 1948

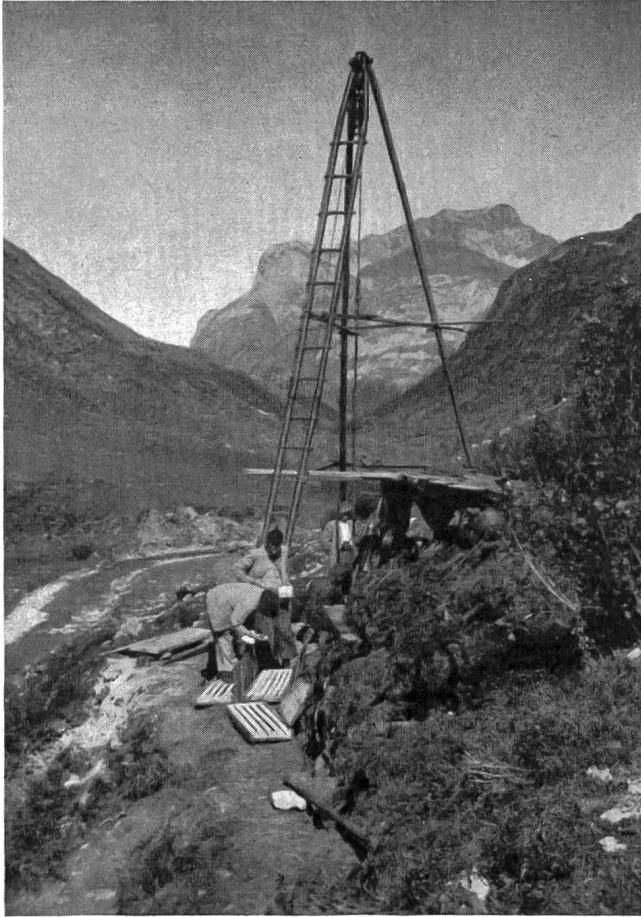


Abb. 46 Sondierungen an der rechten Talflanke im mittleren Valle di Lei bei Rossi Nuovi; im Hintergrund Piz la Mazza und Piz Grisch. Aufnahme September 1949

- 5. Mai 1947 Einreichung des generellen Vorprojektes Valle di Lei-Hinterrhein an das Eidg. Post- und Eisenbahndepartement und an das Bauamt des Kantons Graubünden.
- 29. Juli 1947 Aufnahme der Verhandlungen mit den bündnerischen Verleihungsgemeinden über neue Wasserrechtsverleihungen am Hinterrhein und Averserrhein.
- 9. Sept. 1947 Aufnahme der Verhandlungen mit Italien betr. das internationale Kraftwerk Valle di Lei-Innerferrera.
- 5./15. März 48 Verleihungsgesuche an das EPED und an das Ministero dei Lavori Pubblici für das Kraftwerk Valle di Lei-Innerferrera.
- Aug.48/März49 Aufnahme der Entschädigungs- und Realersatz-Verhandlungen mit den Alpbesitzern in Valle di Lei für die dortige Bodenabtretung sowie mit den zuständigen schweizerischen Gemeinden über Alverpachtungen zum Zwecke des Realersatzes.
- 18. Juni 1949 Abschluß des «Accord entre la Suisse et l'Italie au sujet de la concession des forces hydrauliques du Reno di Lei» (ASI) mit «Protocole Additionnel» über eine Grenzberichtigung in Valle di Lei und den freien Export von 20 % der in den drei Hinterrhein-Kraftwerken Valle di Lei-Innerferrera, Innerferrera/Sufers-Andeer und Andeer-Sils i. D. erzeugten Energie nach Italien und mit Schriftwechsel Visentini/Lardelli über den Realersatz für die Valle di Lei-Alpen.
- 8. Juli 1949 Ratifizierung des ASI mit Protocole Additionnel durch den Schweiz. Bundesrat.
- 20. Aug. 1949 Einreichung des Konzessionsprojektes 1948/49 Valle di Lei-Hinterrhein an die bündnerischen Verleihungsgemeinden.
- 16. Mai 1950 Bereinigung des «Accordo» mit dem «Consorzio Valle di Lei» über Entschädigung und Realersatz.
- 14. Juni 1950 Gründung des «Consorzio Valle di Lei», Piuro, welches insbesondere die Rechte der Alpbesitzer in Valle di Lei gegenüber der Kraftwerkunternehmung zu vertreten hat.

- 1950/51 Notenwechsel Schweiz/Italien betr. Grenzverkehr, Zoll- und Tierseuchen-Vorschriften für die Realersatzalpen auf Schweizergebiet.  
Abschluß der Pachtverträge mit
- Mai/Juni 1951 Gemeinde Castasegna über Alp Bles
- 7. Dez. 1951 Kanton Graubünden über Alp Emet
- 21. Juli 1952 Gemeinde Soglio über Alpen Preda und Sovrana als Realersatz-Alpen für Valle di Lei.
- 27. Okt. 1952 Abschluß des «Accordo RW/Edison-Consorzio Valle di Lei» betr. Bodenabtretung für den Stausee Valle di Lei.
- 25. Nov. 1952 Abschluß der «Convention entre la Confédération Suisse et la République Italienne concernant une Modification de la frontière dans le Val di Lei» mit Protocollo Addizionale.  
(Durch diese Convention wurde vereinbart, daß die Talsperre Valle di Lei auf Grund des vorgenommenen Gebietsabtausches vom Tage der Kollaudation an auf schweizerischem Hoheitsgebiet stehen wird.)
- 30. Jan. 1953 Botschaft Nr. 6407 des Bundesrates an die Bundesversammlung betr. die Genehmigung eines zwischen der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Italienischen Republik abgeschlossenen Abkommens über eine Grenzberichtigung im Val di Lei.
- 27. März 1953 Genehmigung des Abkommens durch den Ständerat und den Nationalrat.
- 5. Jan. 1954 Botschaft Nr. 339 des Italienischen Ministerrates an den Senat mit Antrag auf Ratifikation des ASI und des Grenzberichtigungsabkommens.
- 13. März 1954 Erteilung der bündnerischen Wasserrechtsverleihungen
  - a) für die Gefällstufe Innerferrera/Sufers-Andeer durch die Gemeinden Andeer, Außerferrera, Innerferrera Splügen, Sufers, Casti-Wergenstein, Donath, Mathon und Patzen-Fardün;
  - b) für die Gefällstufe Andeer-Sils i. D. durch die Gemeinden Andeer, Casti-Wergenstein, Clugin, Donath, Lohn, Patzen-Fardün, Pignieu, Rongellen, Sils i. D., Thusis und Zillis-Reischen.
- Beliehene: Rhätische Werke für Elektrizität AG zuhanden der Kraftwerke Hinterrhein AG, und Abschluß einer Vereinbarung mit den Gemeinden Soglio,

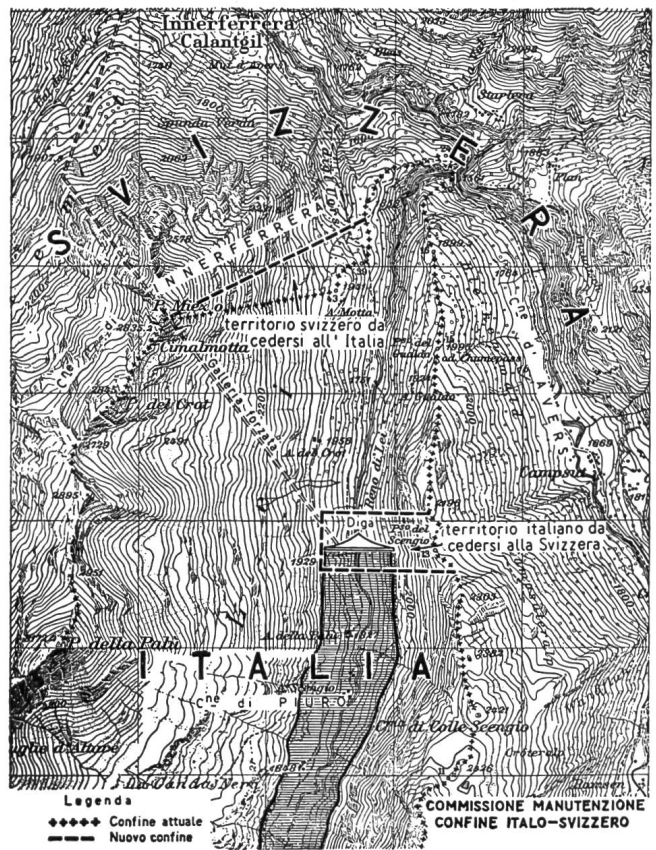


Abb. 47 Zukünftiger Gebietsabtausch Valle di Lei. Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 19. Februar 1957

- Avers und Innerferrera über die in der Bundesverleihung Valle di Lei-Innerferrera nur grundsätzlich festgelegten bzw. fehlenden Leistungen des Beliehenen an die genannten drei Gemeinden.
20. März 1954 Einreichung der bündnerischen Verleihungen an den Kleinen Rat zur Genehmigung.
9. April 1954 Öffentliche Auflage der Verleihungen durch das Bau- und Forst-Departement Graubünden.
- Dez. 1954 *Genehmigung* des ASI und des Grenzvereinigungsabkommens durch den italienischen Senat.
24. Febr. 1955 *Genehmigung* des ASI und des Grenzvereinigungsabkommens durch die italienische Deputiertenkammer und damit Beendigung des italienischen parlamentarischen Genehmigungsverfahrens über die Verleihung der Wasserkräfte des Reno di Lei und über die Grenzregulierung in Valle di Lei.
23. April 1955 *Inkrafttreten* der beiden Abkommen durch Austausch der Ratifikationsurkunden in Rom.
- Juni 1955 *Veröffentlichung* der Vereinbarung vom 18. Juni 1949, des Notenwechsels vom 23. April 1953, des Bundesbeschlusses Grenzvereinigung Val di Lei (Abkommen vom 25. November 1952) in der Eidg. Gesetzessammlung (AS. 1955, S. 593 ff.).
25. Aug. 1955 *Abschließende Bereinigung* der schweizerischen Bundesverleihung und der italienischen Verleihung Valle di Lei-Innerferrera.
5. Nov. 1955 *Genehmigung* der bündnerischen Gemeindeverleihungen durch den Kleinen Rat.
24. Nov. 1955 *Unterzeichnung* der italienischen Verleihung Valle di Lei-Innerferrera durch Vertreter der RW in Sondrio.
30. Nov. 1955 *Annahmeerklärung* der schweizerischen Bundesverleihung Valle di Lei-Innerferrera durch die RW für die zu gründende Kraftwerke Hinterrhein AG.
5. Dez. 1955 *Unterzeichnung* der italienischen Verleihung Valle di Lei-Innerferrera durch Vertreter der Società Edison in Sondrio.
16. Dez. 1955 *Erteilung der schweizerischen Bundesverleihung* Valle di Lei-Innerferrera an RW/Edison zuhanden der zu gründenden Kraftwerke Hinterrhein AG.
21. Dez. 1955 *Unterzeichnung* des Verleihungsdekretes Valle di Lei-Innerferrera durch den italienischen Ministerpräsidenten und die Minister der öffentlichen Arbeiten, der Finanzen und des Auswärtigen.
30. Dez. 1955 *Registrierung* des italienischen Regierungsdekretes und der Verleihung Valle di Lei-Innerferrera bei der Corte dei Conti.
27. Jan. 1956 *Inkraftsetzung* der Bundesverleihung Valle di Lei-Innerferrera durch den schweizerischen Bundesrat in Bern und
31. Jan. 1956 *Inkraftsetzung* der italienischen Verleihung Valle di Lei-Innerferrera durch das Ministerium für öffentliche Arbeiten in Rom auf den
1. Febr. 1956 Mit diesem Tag sind auch die bündnerischen Gemeindeverleihungen der Wasserrechte am Hinterrhein und Averserrhein in Kraft getreten, und es beginnt der verleihungsmäßige Fristenlauf.

Der Erwerb der Wasserrechte für das schweizerisch-italienische Kraftwerk Valle di Lei-Ferrera beanspruchte somit einen Zeitraum von 8 Jahren. Dabei ist zu berücksichtigen, daß es sich um die erste internationale Wasserrechtsverleihung Italiens handelte, und daß vor ihrer Erteilung die Frage der Entschädigung für die im Stausee Valle di Lei untergehenden Alpgebiete mit den Grundeigentümern abschließend geregelt werden mußte. Bei den Behörden und Parlamenten sowohl der Schweiz wie Italiens war die Einsicht vorhanden, daß die reichen Wasserkräfte des Hinterrheingebietes nur auf der Grundlage einer zwischenstaatlichen Zusammenarbeit großzügig und zum Vorteil beider Staaten der Energieerzeugung dienstbar zu machen sind. Italien stellt rund 9 % des in der ganzen Kraftwerkombination genutzten Wassers, rund 29 % des Brutto-Gefälles bis Sils im Domleschg und einen Speicherraum für rund 200 Mio m<sup>3</sup> Sommerwasser italienischer und schweizerischer Herkunft, die Schweiz hingegen die restlichen

rund 91 % des Wassers und rund 71 % des Brutto-Gefälles zur Verfügung.

Die Koordination der schweizerischen und italienischen Wasserrechtsverleihungen für die internationale Gefällstufe Valle di Lei-Ferrera war infolge der verschiedenen gearteten Wasserrechtsgesetze nicht leicht, zumal es sich um einen wirklichen Sonderfall handelte: die schweizerische Verleihung mußte nicht nur mit der italienischen Verleihung, sondern auch noch mit den Gemeinde-Wasserrechtsverleihungen für die beiden an das Kraftwerk Valle di Lei-Ferrera anschließenden, rein schweizerischen Kraftwerkstufen Ferrera/Sufers-Bärenburg und Bärenburg-Sils in Übereinstimmung gebracht werden. Zudem war der bereits erwähnte Gebietsabtausch notwendig. Zollfragen und solche des Grenzverkehrs, der Tierseuchenpolizei u. a. m. erforderten besondere staatsvertragliche Vereinbarungen. Wenn dennoch das ganze Vertrags- und Verleihungswerk innert nützlicher Frist zustande gekommen ist, so ist dies dem beidseitigen Willen zur internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiete der Wasserkraftnutzung und Energieerzeugung zu verdanken.

Unter Berücksichtigung der Wassermengen und der Gefälle, welche auf den Gebieten der beiden Staaten nutzbar sind, wurde vereinbart, daß von der im internationalen Kraftwerk Ferrera nutzbar gemachten Wasserkraft 70 Prozent der Schweiz und 30 Prozent Italien zukommen. Im Zusatzprotokoll zur obgenannten Vereinbarung vom 18. Juni 1949 wurde im Hinblick auf die Vorteile, welche den unterliegenden Stufen aus dem auf italienischem Staatsgebiet liegenden Stausee Valle di Lei erwachsen, festgelegt, daß der Schweizerische Bundesrat, im Rahmen der einschlägigen Vorschriften der schweizerischen Gesetzgebung und für die Dauer der Verleihungen der beiden Regierungen, der beliehenen Kraftwerkgesellschaft auf ihr Begehren die Bewilligung erteilen wird, 20 Prozent der in der gesamten Kraftwerkgruppe verfügbaren Leistung und erzeugbaren Arbeit nach Italien auszuführen; in diesen 20 % ist der Hoheitsanteil Italiens am internationalen Kraftwerk Ferrera inbegriffen.

Im Jahre 1956 folgten noch die Verhandlungen mit dem Kleinen Rat betreffend Beteiligung des Kantons Graubünden an der geplanten Kraftwerkgesellschaft, die entsprechenden Verhandlungen im bündnerischen Großen Rat, und am 29. April 1956 stimmte das Bündnervolk mit 15 750 gegen 3677 Stimmen einer Beteiligung des Kantons und der Gemeinden mit 15 % an der zu gründenden Kraftwerke Hinterrhein AG zu; von diesem Anteil erhalten die Konzessions-Gemeinden eine Quote von 3 %.

Am 10. Dezember 1956 konnte schließlich, wie eingangs erwähnt, die *Kraftwerke Hinterrhein AG*, mit Sitz in Thusis, gegründet werden. Die Gesellschaft übernimmt die Ergebnisse sämtlicher Vorstudien und Projekte samt allen damit verbundenen Rechten und Pflichten des Konsortiums Kraftwerke Hinterrhein in Thusis mit Aktiven und Passiven im Betrage von je 17 792 873 Franken.

Als *Präsident* der Gesellschaft wurde Stadtrat *Walter Thomann*, Vorsteher der Industriellen Betriebe der Stadt Zürich, als *Vizepräsident* Ständerat *Dr. Arno Theus*, Chur, gewählt. Die Partner und ihre Beteiligungsquoten sind:



**Schweiz:**

Stadt Zürich	19,50 %
Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Baden	19,50 %
Kanton Graubünden (12 %) und Gemeinden (3 %)	15,00 %
Aare-Tessin AG für Elektrizität, Olten, rd.	9,28 %
Bernische Kraftwerke AG, Beteiligungsgesellschaft, Bern, rd.	7,72 %
Kraftwerke Brusio AG, Poschiavo, rd.	4,06 %
Kanton Basel-Stadt	2,50 %
Rhätische Werke für Elektrizität, Thusis, rd.	2,44 %
	80,00 %

**Italien:**

Società Edison, Milano	20,00 %
------------------------	---------

Die teilweise bis zu fünf Dezimalstellen fixierten Beteiligungsquoten, die in den obigen Zahlen auf- bzw. abgerundet wurden, ergaben sich aus der nachträglich beschlossenen Beteiligung von Kanton und Gemeinden.

**5. Das heutige Bauprojekt**

Über das heute vorliegende Bauprojekt berichtete Obering. L. Kalt, der bei der Motor-Columbus die Studien nach 1951 weiterführte, ausführlicher in der Schweizerischen Bauzeitung 1957, S. 65/70 und 79/84, so daß wir uns hier auf die Wiedergabe verschiedener Pläne und der wichtigsten Daten, auf energiewirtschaftliche Erwägungen sowie auf einige Vergleiche mit den früheren Studien und die Aufzeigung gewisser Entwicklungstendenzen beschränken, in der Meinung, in einigen Jahren — am besten wohl anlässlich eines Besuches der Baustellen durch den Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband — ausführlich auf die Gesamtanlage und deren Verwirklichung zurückzukommen.

Die Disposition des allgemeinen Bauprojektes 1956 ist aus den Abb. 48/49, einige typische Daten sind aus Tabelle 3 ersichtlich (vergleiche auch Tabellen 1 S. 42 und 2 S. 56).

Die *Speicherenergie* aus den Stauseen Valle di Lei (Nutzinhalt 197,0 Mio m<sup>3</sup>) und Sufers (18,3 Mio m<sup>3</sup>) beträgt rund 540 Mio kWh oder 72% der Winterenergie bzw. 41% der Gesamtenergie nach Abzug der Pump- und Ersatzenergie.

Vergleicht man die *Projektdispositionen 1948/49* (Abb. 44) und *1956* (Abb. 48), so erkennt man sofort, daß in der Anlage und Größe der Stauseen Valle di Lei und Sufers sowie der Ausgleichbecken Madris, Innerferrera und Bärenburg keine Änderungen und in den Stollen- und Druckschachtracierungen eine bedeutendere Mo-

difikation nur beim Grenzkraftwerk Ferrera vorgenommen wurden. Hier ist zur Ausschaltung des bereits früher als ungünstig erkannten, in Zusammenarbeit mit den Geologen tracierten langen Druckschachts Val d'Emet-Innerferrera der Druckstollen über den Niemetbach (Emetbach) hinaus in den linken Talhang verlängert worden, womit man zu einem längeren Druckstollen mit normaler steiler Druckschachtanlage und Kavernenzentrale bei St. Martin zwischen Innerferrera und Außerferrera gelangte, eine Lösung, die man schon

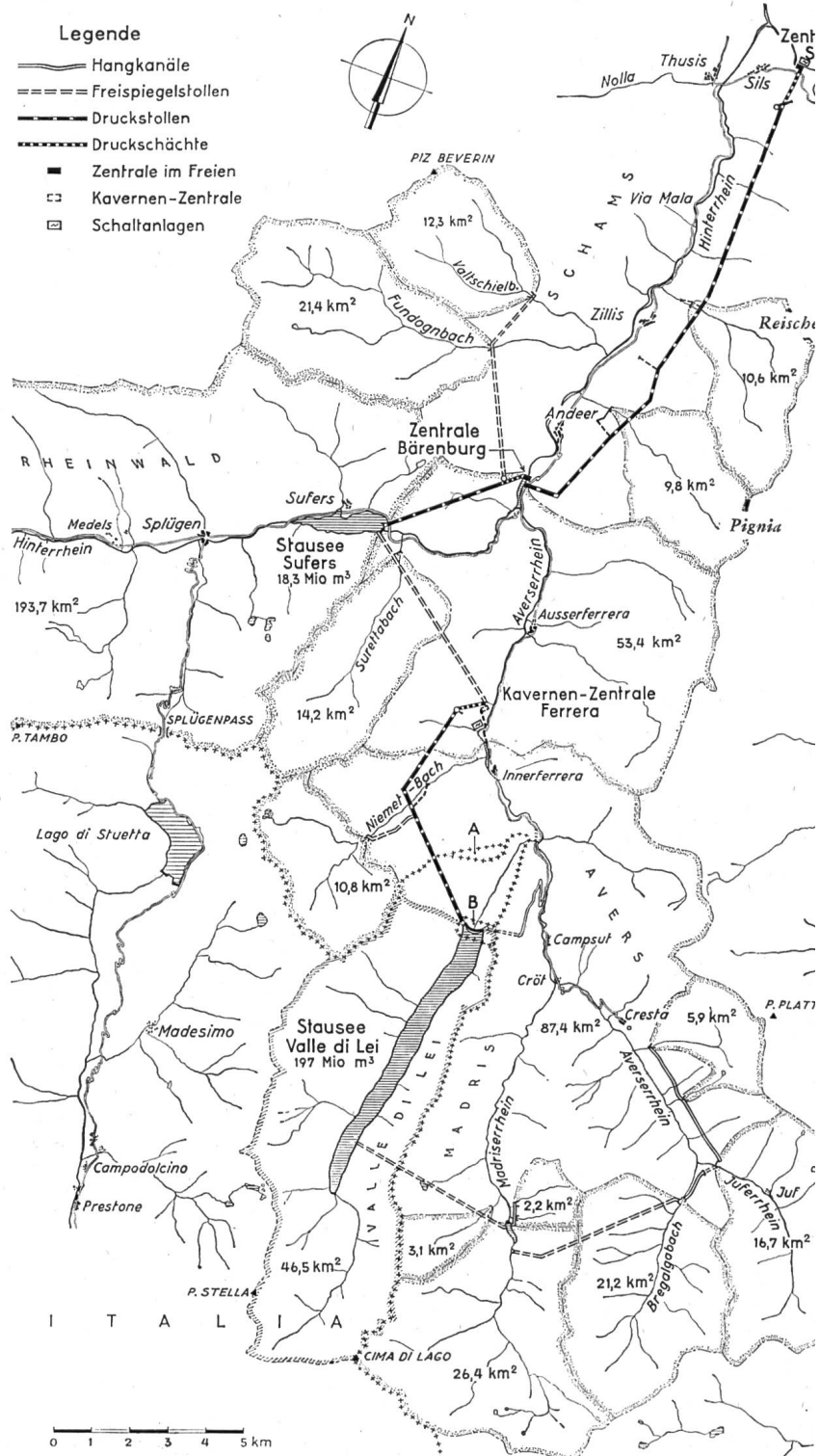


Abb. 48  
Lageplan des Bauprojektes 1956 für die Valle di Lei-Hinterrhein-Kraftwerke.

- A Von der Schweiz an Italien abzutretendes Gebiet
- B Von Italien an die Schweiz abzutretendes Gebiet



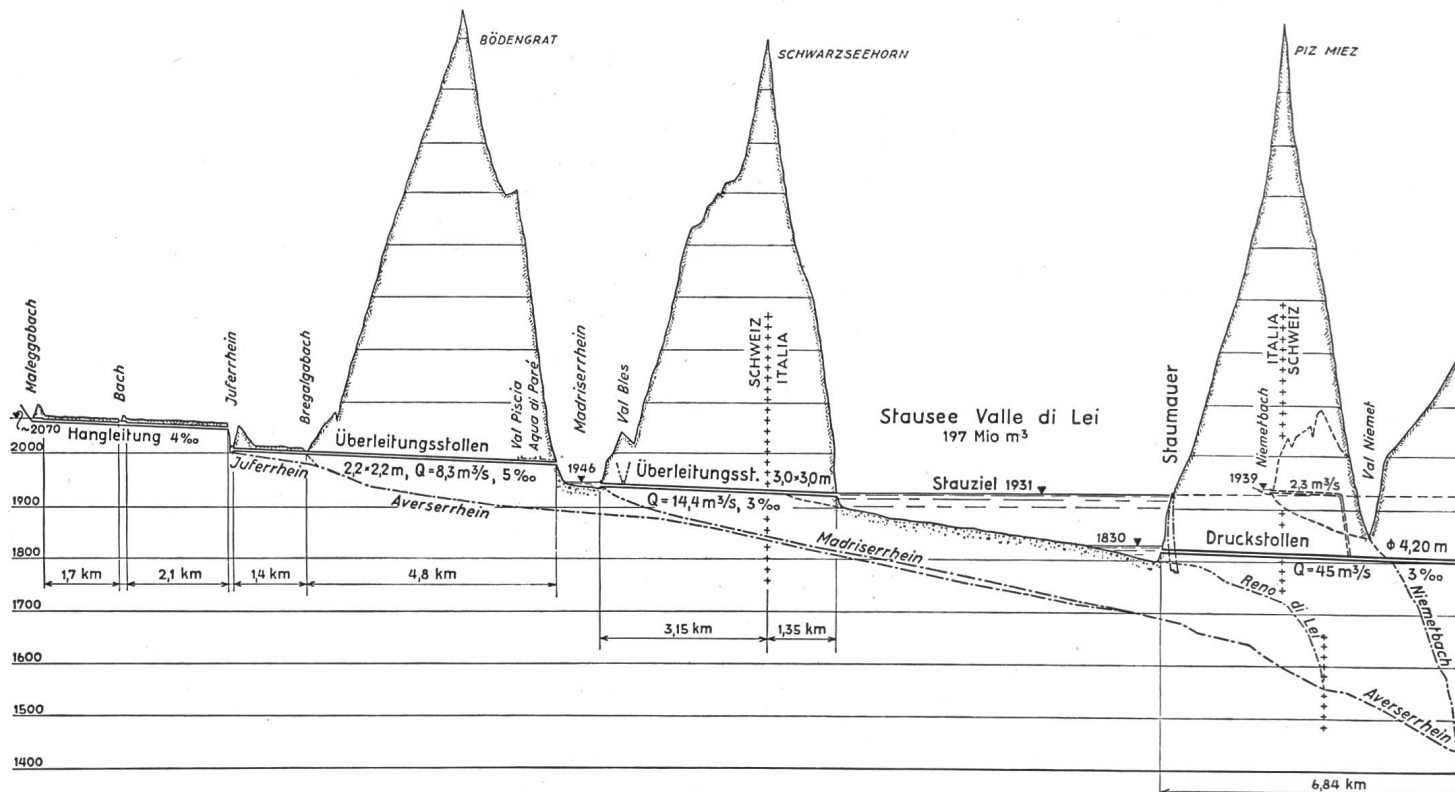


Abb. 49 Längenprofil der Valle di Lei-Hinterrhein-Kraftwerke, Längen 1:150 000, Höhen 1:15 000 (Fortsetzung siehe nächste Seite)

früher ins Auge faßte, aus geologischen Gründen aber — allerdings ohne eingehendere Untersuchungen — wegen einer Sackungsmasse am linken Talhang von Val d'Emet wieder fallen ließ. Zudem wurde im Bauprojekt, wie beim Dreistufenprojekt 1942, der Valtschielbach im Schams, auf dessen Fassung und Zuleitung man zeitweise ebenfalls aus geologischen Gründen verzichtet hatte, vorbehältlich einer geologisch befriedigenden Fassung wieder in die Wasserkraftnutzung einbezogen. Für das Kraftwerk Bärenburg war im Konzessionsprojekt 1948/49 eine Kavernenzentrale in der gesunden linken Talflanke geplant; das allgemeine Bauprojekt 1956 sieht eine Zentrale vor, die in der Staumauer untergebracht wird.

Eine unverkennbare *Entwicklungstendenz* liegt in dem gegenüber dem Konzessionsprojekt 1948/49 bedeu-

tend höheren Ausbau der einzelnen Kraftwerkstufen, eine Entwicklung, der man in Zukunft — auch im Hinblick auf den späteren Einsatz von Kernenergie für die Deckung der Grundlast — ganz allgemein noch vermehrte Aufmerksamkeit wird schenken müssen.

Die *mittlere Benützungsdauer* im Winterhalbjahr beträgt

in den Zentralen	beim	
	Konzessionsprojekt 1948/49	Allgemeines Bauprojekt 1956
— Ferrera	1850 Std.	1260 Std.
— Bärenburg	1440 Std.	1070 Std.
— Sils	2140 Std.	1340 Std.
im Durchschnitt	1790 Std.	1225 Std.

Tabelle 3

Allgemeines Bauprojekt 1956 der Hinterrhein-Kraftwerke mit den Stauseen Valle di Lei und Sufers

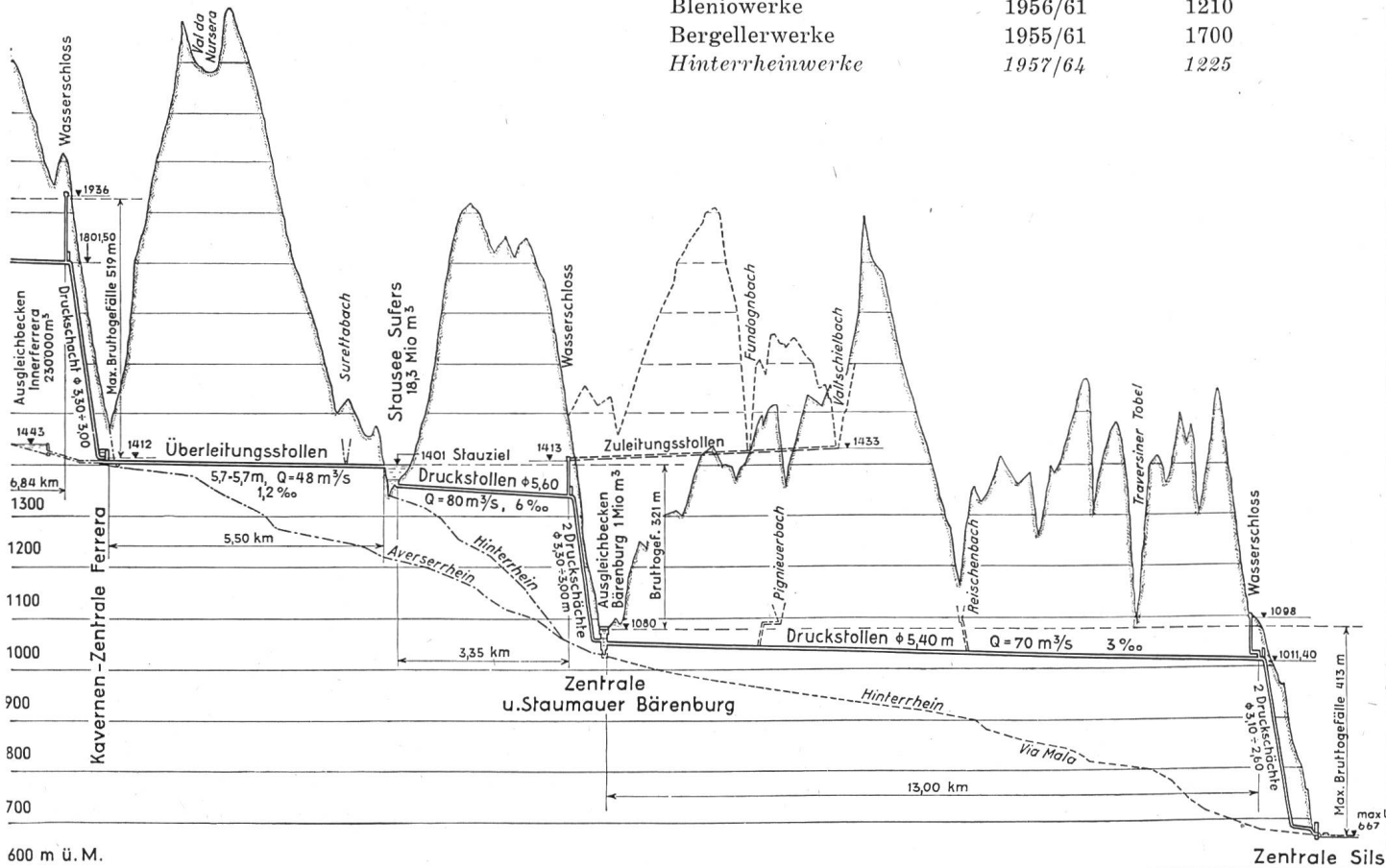
Kraftwerkstufe	Ausbauwasser-menge m³/s	Netto-gefälle m	Total inst. Turbinen-leistung PS	Max. mögl. Leistung ab Generator kW	Mittlere mögliche Energie-erzeugung in Mio kWh		
					Winter	Sommer	Jahr
I. Stausee Valle di Lei-Ferrera	45	398/499	250 000	185 000	234	—	234
II. Ferrera/Stausee Sufers-Bären-burg	80	282/331	290 000	215 000	230	257	487
III. Bärenburg-Sils [Pumpwerk Ferrera]	70	392	310 000 [70 000]	230 000 [48 000]	307	398 -59	696 -59
zusammen		1072/1222	850 000 [70 000]	630 000 [48 000]	771 <sup>3</sup>	587 <sup>3</sup>	1358 <sup>3</sup>

<sup>3</sup> Hievon kommen für Ersatzenergie an das Kraftwerk Thusis der Rhätische Werke AG, Thusis, 21 + 12 = 33 Mio kWh in Abzug.

Der Ausbau der Hinterrhein-Kraftwerke ist somit sehr weitsichtig und großzügig konzipiert.

Vergleicht man diese Werte mit der entsprechenden durchschnittlichen Benützungsdauer im Winterhalbjahr bei einigen anderen bedeutenden Hochdruck-Kraftwerkgruppen, so zeigt sich folgendes aufschlußreiche Bild:

Kraftwerkgruppe	Bauperiode (inkl. Erweiterungen)	Durchschnittliche Benützungsdauer im Winterhalbjahr in Stunden <sup>1</sup>
Brusiowerke	1904/45	1720
Oberhasliwerke	1926/55	1700
Maggiawerke, I. Etappe	1950/58	1470
Zervreilawerke	1947/58	1400
Mauvoisinwerke	1951/59	1720
Bleniowerke	1956/61	1210
Bergellerwerke	1955/61	1700
Hinterrheinwerke	1957/64	1225



Über die *Ausbaugröße der Kraftwerke* macht Obering. L. Kalt in der SBZ u. a. folgende Bemerkungen:

«Bei den Kraftwerken Valle di Lei-Hinterrhein sind die Voraussetzungen für eine Konzentration der Energieerzeugung auf die Stunden des Spitzenbedarfs günstig. Die beiden oberen Stufen beziehen das Wasser aus großen Speicherseen, und dem untersten Kraftwerk ist ein Ausgleichsbecken vorgelagert, das ebenfalls eine starke Konzentration der Zuflüsse zuläßt. Zudem sind die Distanzen in die Hauptkonsumgebiete von einem Ausmaß, das die ökonomische Übertragung von hochwertiger Spitzenenergie zuläßt.

Der Bestimmung der wirtschaftlichsten Ausbaugröße der Anlagen wurde deshalb von seiten des Projektverfassers die größte Aufmerksamkeit geschenkt. Dabei waren zwei Gesichtspunkte zu berücksichtigen, nämlich einerseits die Ergebnisse der rechnerischen Ermittlung der günstigsten Ausbaugröße der Werke und andererseits die verschiedenen Bedürfnisse der Partner. Die ersteren beruhen auf umfangreichen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen; die letzteren wurden auf Grund einer Umfrage bei den beteiligten Gesellschaften ermittelt. Dabei kamen weit auseinandergehende Bedürfnisse zum Ausdruck. Währenddem einige Partner großen Wert auf eine starke Konzentration der Energie auf die Tagesspitzen, d. h. auf einen großen Ausbau mit einer ideellen Benützungsdauer im Winterhalbjahr von nur 1200 bis 1000 Stunden legten, begnügten sich andere Partner mit einer Ausbaugröße

entsprechend einer Benützungsdauer von 1800 bis 2000 Stunden. Diese Verschiedenartigkeit der Ansprüche konnte aber durch Abmachungen der Partner unter sich ausgeglichen werden.

Die rechnerische Ermittlung der wirtschaftlichsten Ausbaugröße erfolgte auf Grund der ‚Richtlinien für die vergleichende Beurteilung der relativen Wirtschaftlichkeit von Wasserkraftanlagen‘ des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes sowie der von der Motor-Columbus AG in Ergänzung der ‚Richtlinien‘ ausgearbeiteten ‚verfeinerten Bewertung‘. Die Richtlinien des Wasserwirtschaftsverbandes unterscheiden zwei Energiekategorien, die Werktag-Tagesenergie und die Nacht- und Wochenendenergie, und geben deren Wert für die verschiedenen Monate des Jahres an. Die im Hinblick auf die hochausgebauten Kraftwerke entwickelte ‚verfeinerte Bewertung‘ berücksichtigt die — mit Hilfe der ‚Richtlinien‘ nicht erfassbaren — Energieerweiterungen, die durch die Konzentration der Energieabgabe auf weniger als 1860 Stunden erzielt wird. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß die Energiemerkwerte für die Werktag-Tageserzeugung im wasserarmen Jahr gemäß nachfolgender Aufstellung unterteilt werden.

<sup>1</sup> Mangels Unterlagen über die effektiv zur Verfügung stehenden Nutzwassermengen wurden hier nur generell, jeweils für die gesamte Werkgruppe, die Winterarbeit und die total inst. Leistungen zugrunde gelegt, womit im allgemeinen eher zu niedrige Werte resultieren.

## Marktpreis der Energie nach der verfeinerten Bewertung

## Winter

Monat	Spitzenbelastung 5 h/Tag 120 h/Monat	Weitere Erzeugung 4 h/Tag 95 h/Monat	Übrige Erzeugung 4 h/Tag 95 h/Monat
Oktober	4,4	3,8	3,2
November	4,9	4,2	3,5
Dezember	5,4	4,6	3,8
Januar	5,5	4,7	3,9
Februar	5,4	4,6	3,8
März	5,0	4,3	3,6

## Sommer

Monat	Spitzenbelastung 2 1/2 h/Tag 65 h/Monat	Weitere Erzeugung 3 1/2 h/Tag 85 h/Monat	Übrige Erzeugung 4 h/Tag 90 h/Monat
April	4,3	3,6	3,1
Mai	3,2	2,5	2,0
Juni	2,6	1,9	1,4
Juli	2,6	1,9	1,4
August	3,1	2,4	1,9
September	3,7	3,0	2,5

Diese Marktpreise verstehen sich in Rp./kWh im wasserarmen Jahr loco Hauptkonsumgebiet.

Die Differenzierung der Energiepreise ist so gewählt, daß für das wasserarme Winterhalbjahr die Werktag-Tagesenergie bei einer Benützungsdauer von 1860 Stunden etwa dem gleichen Marktwert wie nach den ‚Richtlinien‘ entspricht. Die Preise für die übrigen Energiekategorien (Nacht- und Wochenendenergie) bleiben gegenüber den ‚Richtlinien‘ unverändert.

Bei der Berechnung der Anlagekosten wurden die Aufwendungen für die Speichereinrichtungen im Verhältnis der Gefälle auf die unterliegenden Stufen verteilt. Die Ausbaugröße des obersten Werkes beeinflusst auch das Schluckvermögens des Überleitungsstollens Ferrera-Sufers, der zur zweiten Stufe gehört. Diese wurden in den Berechnungen entsprechend berücksichtigt.

Als Ergebnis dieser Untersuchungen zeigte es sich, daß bei allen drei Stufen die Kurve des Bewertungsquotienten im Bereiche des Maximums sehr flach verläuft, so daß hier ein relativ großer Spielraum für die Berücksichtigung der Bedürfnisse der Partner offen ist.

Die Ausbaugröße der untersten Stufe war bis vor kurzem auch auf 80 m<sup>3</sup>/s festgesetzt. Sie wurde nachträglich auf Grund von Verhandlungen mit dem Bauamt des Kantons Graubünden mit Rücksicht auf die unterhalb Sils am Hinterrhein und Rhein projektierten Laufwerke auf 70 m<sup>3</sup>/s reduziert. Das Becken in Bärenburg mit einem Nutzinhalte von 1 Mio m<sup>3</sup> ist in der Lage, die Betriebswassermengen zwischen den beiden Werken und die Zuflüsse aus dem Zwischeneinzugsgebiet auszugleichen. Es wäre sogar noch eine Vergrößerung des Werkes Sufers-Bärenburg möglich, welches sich wegen des stark konzentrierten Gefälles für die Installation hoher Leistungen besonders gut eignet. Die spezifischen Kosten pro kW zusätzlich installierter Leistung erreichen hier nur etwa 190 Fr., während sie bei der untersten Stufe 280 Fr. und in Ferrera 270 Fr. betragen.»

Betrachtet man die Intensität der Wasserkraftnutzung in verschiedenen Talschaften, d. h. die Energieproduktion bezogen auf das gesamte Einzugsgebiet bei der Wasserrückgabe, so zeigen sich vergleichsweise folgende effektive und spezifische Produktionswerte:

Kraftwerkgruppe (nur solche ohne Zuleitungen aus benachbarten Flußgebieten)	Mittlere Jahresproduktion nach Vollausbau Mio kWh	Spezifische Produktion Mio kWh/km <sup>2</sup> bzw. kWh/m <sup>2</sup>
Hinterrheinwerke	1358	2,27
Oberhasliwerke	1267	2,84
Maggiawerke	1142	1,23
Bleniowerke	981	2,30
Brusiowerke	259	1,07

Diese Werte lassen auch den Grad der Speicherung erkennen, was besonders augenfällig aus dem Unterschied zwischen den Maggia- und Bleniowerken hervorgeht.

Den eingangs dieses Abschnittes erwähnten Ausführungen von Obering. Kalt ist zu entnehmen, daß dank dem hohen Ausbau und entsprechender Dimensionierung der Zuleitungs- und Druckstollen in den einzelnen Stufen 93,5% bis 95,7% des Abflusses bei den entsprechenden Fassungen der Wasserkraftnutzung dienstbar gemacht werden können. Es ist zu begrüßen, daß nicht noch weitere Bäche gefaßt werden, damit eine gewisse Mindest-Wassermenge in den Bach- oder Flußbetten verbleibt, ein Problem, dem man in Zukunft im Zuge der steten Steigerung der Wasserkraftnutzung aus allgemein wasserwirtschaftlichen Erwägungen und im Sinne des Naturschutzes und der Hygiene vermehrte Aufmerksamkeit schenken sollte.

Mit gewissen Vorbereitungsarbeiten, beispielsweise mit dem Ausbau der schmalen Kantonsstraße Roflatschlucht-Avers und mit der aus Abb. 50 ersichtlichen Zufahrtsstraße von Campsut im Avers zur Sperrstelle Valle di Lei, ist bereits begonnen worden. Im großen und ganzen ist das Hinterrhein-Gebiet — mit Ausnahme des abgelegenen italienischen Valle di Lei — verkehrstechnisch durch die Kantonsstraße zum Splügen- und Bernhardinpaß und ins Avers bereits gut erschlossen, so daß meistens nur bestehende Straßen und Wege für den großen Baubetrieb auszubauen und die üblichen Seilbahnen zu Stollenfenstern, Wasserschlössern usw. zu erstellen sind. Größere Straßenneubauten sind im Raume des Staubeckens Sufers, für Korrekturen bei der Averserbrücke über den Reno di Lei sowie für die Zufahrt zur großen Talsperre erforderlich.

Die große Talsperre in Valle di Lei wird vertragsgemäß mit italienischen Arbeitskräften und italienischen Materialien gebaut, und die für den Zementtransport und für die Installationen nötigen Transportseilbahnen werden von Campdolcino über den Angelogapaß in das italienische Hochtal angelegt.

Für den *Energietransport* werden die Zentralen Ferrera, Bärenburg und Sils durch eine zweisträngige 220 kV-Leitung verbunden. Von der Schaltanlage Ferrera ist eine 220 kV-Leitung Richtung Italien als Verbindung zum Netz der Società Edison zu bauen; von der Schaltanlage Sils, die beim Albulawerk der Stadt Zürich liegt, soll eine doppelsträngige 380 kV-Leitung Richtung Norden als Verbindung mit den Netzen der schweizerischen Partnergesellschaften erstellt werden.

Die *Anlagekosten* für die gesamte Kraftwerkgruppe Valle di Lei-Hinterrhein sind mit heutiger Preisbasis auf 590 Mio Franken errechnet worden. Bei Anwendung der mehrfach erwähnten «Richtlinien SWV» ergibt sich ein Bewertungsquotient von 1,11. Bewertet man die Sommerenergie nach den «Richtlinien», so ergeben sich durchschnittliche Gesteungskosten der Winterenergie von 4,0 Rp./kWh loco Sils.



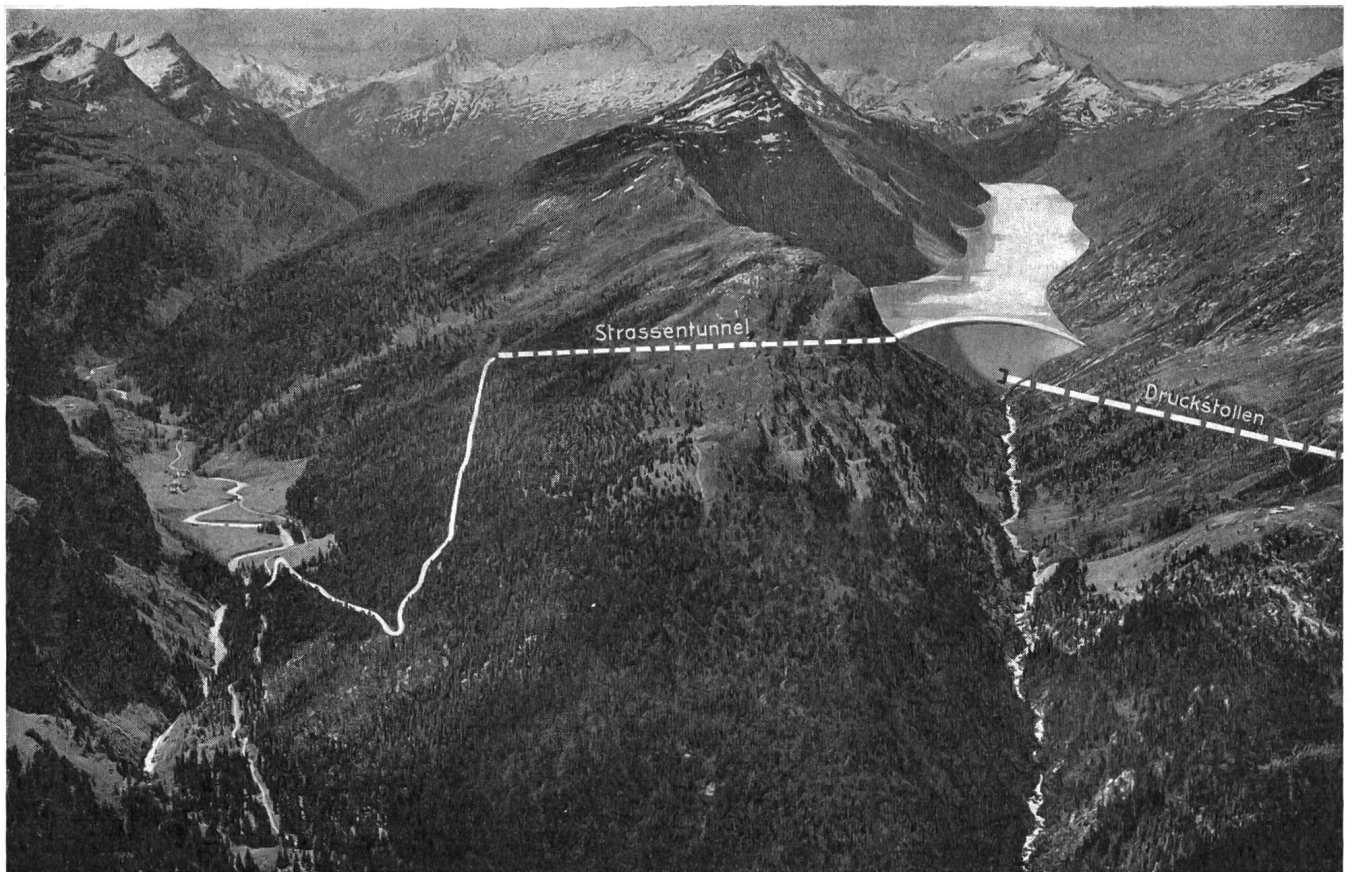


Abb. 50 Blick von Norden auf Avers/Madris und Valle di Lei

Als *Gesamtbauzeit* sind für den Ausbau der Hinterrhein-Kraftwerke sieben Jahre vorgesehen, wobei der Ausbau der einzelnen Kraftwerkstufen und Hauptobjekte sich folgendermaßen abwickeln soll:

	Bau- beginn	Inbetrieb- setzung	Fertig- stellung
Staumauer Valle di Lei	1958*		1962
Kraftwerkstufe Valle di Lei-Ferrera samt Zuleitungen zum Stausee	1958	Okt. 1961	1962
Freispiegelstollen Ferrera/Sufers	1959		1962
Staumauer Sufers	1960		1962
Kraftwerkstufe Sufers-Bärenburg	1959	Juli 1962	1963
Staumauer Bärenburg	1958		1960
Kraftwerkstufe Bärenburg-Sils	1957	Juli 1960	1961

\* 1956/1957 Vorbereitungen (Zugangsstraße, Seilbahnen usw.)

Überblickt man rückschauend die lange Zeit seit den ersten Projektstudien am Hinterrhein — es ist seither ziemlich genau ein halbes Jahrhundert verflossen —, so sieht man, daß für diese außerordentlich günstige Wasserkraft während der ganzen Periode, zeitweise sogar sehr intensiv projektiert wurde und daß in der Planung sich der Schwerpunkt der Speicherung mehrmals regional verschob, bedingt durch wirtschaftliche, geologische und schließlich durch staatspolitische Überlegungen und Gegebenheiten.

Mit der *Geologie* des ganzen Gebietes haben sich

für die Begutachtung der Wasserkraftnutzung im Verlaufe der fast 50jährigen Studien verschiedene Geologen befaßt, und zwar u. a., wie bereits teilweise erwähnt, Prof. Dr. Chr. Tarnuzzer, Prof. Dr. A. Buxtorf, Prof. Dr. A. Cadisch, Prof. Dr. R. Staub mit seinen Mitarbeitern E. Weber, Dr. P. Nänny und J. Neher, sowie, besonders für das italienische Gebiet, Prof. A. Desio von der Universität Mailand. Es freut mich, daß Prof. Staub, der sich seit etwa 10 Jahren besonders intensiv mit dem Hinterrheingebiet befaßt hat, bereit war, einen gedrängten Überblick zur Geologie der Hinterrheinwerke, der im Anschluß an diesen Bericht folgt, zu verfassen.

Die Projektbearbeitung lag seit anfangs der zwanziger Jahre bei der Motor-Columbus AG., Baden, die nun für die Verwirklichung der Kraftwerkenanlagen auf Schweizer Gebiet auch die Bauleitung innehaben wird; mit der Projektierung und Bauleitung der Anlagen auf italienischem Gebiet ist die Società Edison betraut.

Um während dieser langen Zeit die verschiedensten Interessen zu koordinieren, die Durchführung der Studien zu sichern, den Fortgang der langwierigen und hindernisreichen Verhandlungen zu fördern und nie den Glauben an die Verwirklichung des großen Bauvorhabens zu verlieren, bedurfte es einer tatkräftigen und unermüdlich-optimistischen Persönlichkeit, und es ist erfreulich, daß nun heute Direktor *Gustav Lorenz*, der dieses Amtes waltete, auch am Auftakt zum Bau der Hinterrhein-Kraftwerke mitarbeiten kann.

#### Abbildungsnachweis

Abb. 1, 2 Photos Jules Geiger, Flims-Waldhaus  
 Abb. 4 Photo E. Meerkämper, Davos-Platz  
 Abb. 3, 8/12, 14/29, 33/43, 45/46 Photos G. A. Töndury  
 Abb. 48, 49 Clichés Schweiz. Bauzeitung, Zürich