

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 48 (1957)
Heft: 24

Artikel: Die Kraftwerkgruppe Valle di Lei-Hinterrhein
Autor: Leuch, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060633>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

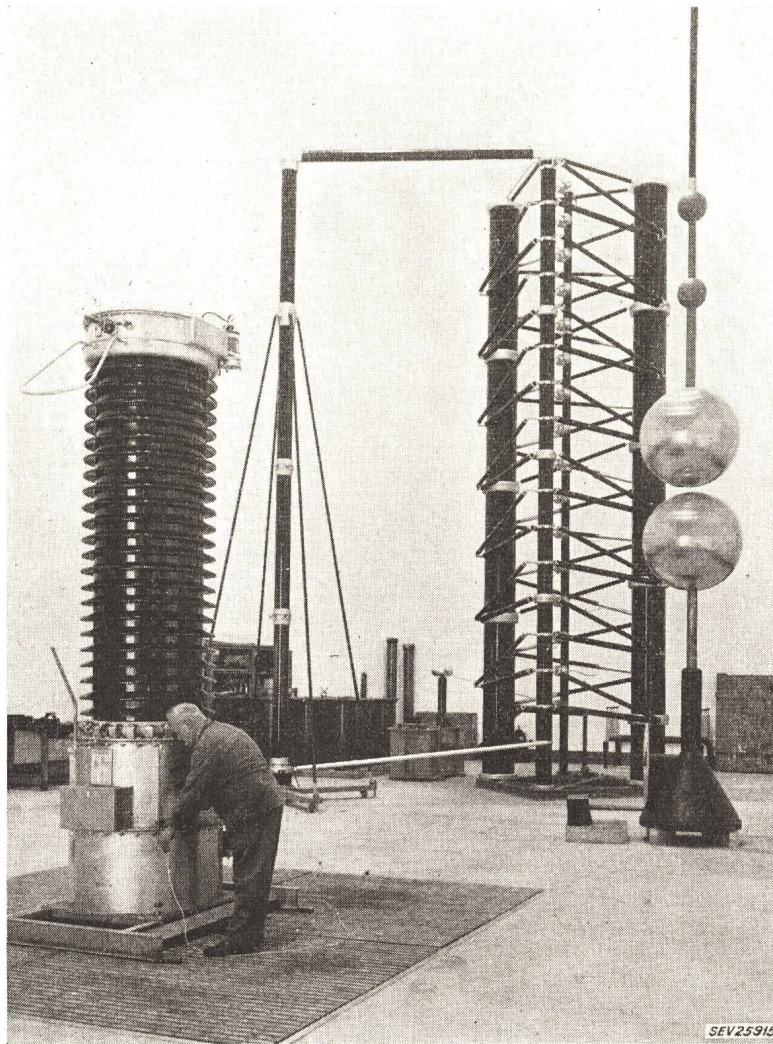


Fig. 10

Hochspannungslaboratorium

Prüfung von Isolatoren und elektrischen Apparaten

Diese Einteilung entspricht den heutigen Bedürfnissen und enthält eine gewisse Zukunftsreserve. Die Büros des VSE befinden sich seit Januar 1957 am Bahnhofplatz.

Die Kraftwerkgruppe Valle di Lei—Hinterrhein

Von H. Leuch, Zürich

621.311.21(494.262.3)

1. Einleitung

Wenn ein Projekt für ein Kraftwerk grossen Stils in der Öffentlichkeit und zudem während der durch den zweiten Weltkrieg ausgelösten Energieknappheit in der Schweiz eine grosse Bedeutung erlangt und die Gemüter hüben und drüben in Wallung gebracht hat, so ist es das Projekt der Kraftwerke Hinterrhein. Wegen des Stausees Splügen ist es zu Fall gebracht worden. Die heutige Generation hat diese bewegten Zeiten miterlebt. Es mag deshalb die Vorgeschichte, die zu jener Entscheidung geführt hat, und die seitherige Entwicklung bis zu der nun angelaufenen Verwirklichung dieses grossen Projekts hier neben den technischen Darlegun-

gen etwas ausführlicher als gewöhnlich behandelt werden.

2. Vorgeschichte

Die Entwicklungsgeschichte dieses Kraftwerkprojekts ist nicht nur lang, sondern auch sehr gewunden und mit wichtigen Entscheiden belastet. Sie betreffen hauptsächlich bündnerische Belange. Der Kanton der 150 Täler hat schon im Jahr 1885 sein erstes Elektrizitätswerk erhalten. Dasjenige von Davos geht auf das Jahr 1893 zurück; 1899 ist das Ursprungsjahr der heutigen Kraftwerke Brusio und 1902 schloss die Stadt Zürich den ersten Konzessionsvertrag für das Albulawerk ab.

Im Kanton Graubünden liegt die Hoheit für die Verleihung von Wasserrechten bei den Gemeinden. Der Kleine Rat dieses Bergkantons hat die Kompetenz zur Genehmigung, die er nach dem Spruch der Gemeinden erteilen muss, wenn nicht Gründe des öffentlichen Wohls entgegenstehen.

Die technischen Projekte haben manchen Wandel durchgemacht. Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband (SWV) hat schon 1911/14 durch Ing. E. Froté, Zürich, und Prof. Dr. Ch. Tarnuzzer, Chur, ein Projekt ausarbeiten lassen. Es umfasst im Prinzip die drei Stufen Hinterrhein-Sufers, Sufer-Andeer und Andeer-Sils, mit den Stauseen Hinterrhein und Sufer. Dazu kommen in diesem Projekt vier weitere Stauseen im Gebiet des Averser-, des Madriser-Rheins und des Reno di Lei mit der entsprechenden Gefällesausnutzung gegen Andeer und zwei weitere kleinere Stufen.

Vor nahezu vierzig Jahren, nämlich 1918, hat die Lonza Elektrizitätswerke und Chemische Fabriken A.-G. in Basel sich die ersten Konzessionen für ein Hinterrheinkraftwerk gesichert. 1920 wurden diese auf die neugegründeten «Rhätischen Werke für Elektrizität» übertragen, welche Unternehmung die Projektierung weiterführte. Dies geschah zwar in aller Stille, in der sich eine Interessentengruppe bildete. Seit den Zwanzigerjahren wurden die Projektstudien von der Motor-Columbus A.-G., Baden, durchgeführt. Ihr erstes Projekt (1930/31) enthielt die drei Hauptstufen am Hinterrhein, sowie eine Seen- und Werksgruppe am Averser-, am Madriser-Rhein und am Reno di Lei, deren Wasser dem Stausee Rheinwald (Splügen) zugeführt werden sollte.

Die Stille wurde unterbrochen durch die Veröffentlichung des Kraftwerkbauprogramms des SEV und VSE im Jahre 1941¹⁾. Darin figurierte das Projekt Hinterrhein mit der für 1948 vorgesehenen Inbetriebnahme der Kraftwerkstufe Splügen-Andeer nach einer Bauzeit von vier Jahren bei vollem Stau des Splügenreises ab 1950 und dem Betrieb der Stufe Andeer-Sils ab 1953.

Schliesslich entstand das Dreistufen-Konzessionsprojekt 1942, das in der Öffentlichkeit eine grosse Rolle gespielt hat, denn seine Diskussion fiel in die Zeit der Energieknappheit. Die vorangehenden Projekte werden in den weiteren Betrachtungen übergangen. Hingegen ist eine Gegenüberstellung der Projekte von 1942 und 1956 von Interesse.

In einer ausserordentlichen Landsgemeinde (16. November 1941) lehnte die Bevölkerung des Rheinwalds (Splügen, Medels und Nufenen) bei einer Stimmbeteiligung von 80 % das Projekt eines Grossakkumulierwerks mit dem Stausee Splügen ohne Gegenstimme ab. Damals gaben sich die Stadt Zürich und die NOK als Interessenten, die hinter dem Projekt standen, zu erkennen. Der Kleine Rat bestellte daraufhin zur Untersuchung der Ausbauwürdigkeit bündnerischer Wasserkraft in geologischer, technischer und wirtschaftlicher Richtung eine sechsköpfige Expertenkommission (10. Oktober 1941), deren Arbeiten bis zum Herbst 1943 dauerten (Prof. Dr. E. Meyer-Peter, Ing. Dr. A. Strickler,

Geologe Prof. Dr. J. Cadisch, Obering. A. Sutter, Ing. W. Versell, Ing. G. Rieder). Das an die Gemeinden des Rheinwalds gerichtete Verleihungsgesuch wurde kurz vor dem Erscheinen des ersten Expertenberichts (21. April 1942) am 14. Februar 1942 abgesandt. In jener vom Kriegsgeschehen gespannten und energiehungrigen Zeit nahm der Kampf um das Rheinwaldprojekt einen dramatischen Verlauf, der sich auf den 25. Juli 1942 hin steigerte, als die Stimmberechtigten der drei Rheinwaldgemeinden bei einer Beteiligung von diesmal 93 % in geheimer Abstimmung das Konzessionsgesuch aus prinzipiellen und materiellen Gründen einstimmig ablehnten. Damit war der Stausee Splügen endgültig verabschiedet und das Projekt 1942 des Kernstücks, nämlich des grossen Speicherbeckens, beraubt.

In das Jahr 1942 fällt die Gründung des «Konsortiums Kraftwerke Hinterrhein» (KKH). Ihm gehörten an:

	Anteil %
EWZ, Zürich, seit 1934	25
NOK, Baden, seit 1941	25
BKW, Bern, seit 1942	10
Atel, Olten, seit 1942	12
EWB, Basel, seit 1943	3
Rh. W., Thusis, mit folgenden Unterteilungen: 25	
KW Brusio, Poschiavo	10 %
Soc. Edison, Mailand	15 %

Das Konsortium Hinterrhein rekurrierte am 9. September 1942 gegen den ablehnenden Entscheid der drei Rheinwald-Gemeinden an den Kleinen Rat des Kantons Graubünden mit dem Begehren, er möchte die Gemeinden zur Erteilung der Verleihung für den Stausee Rheinwald anhalten und seinerseits die Konzessionsbedingungen festlegen, oder gestützt auf das Eidg. Wasserrechtsgesetz (Art. 11) die Konzession namens der Gemeinden erteilen. Im Februar/März 1944 wies der Kleine Rat den Rekurs ab. Daraufhin zog das KKH am 6. April 1944 diesen kantonalen Entscheid an den Bundesrat weiter und erhob zwei Tage später beim Bundesgericht staatsrechtliche Beschwerde. Der Bundesrat fasste am 29. November 1946 einen ablehnenden Beschluss. Wohl gab es nach den Ablehnungen von 1942 und 1946 vorwiegend bündnerische Stimmen, die der Verwirklichung des Bauvorhabens ohne den Stausee Splügen das Wort redeten, aber die Bauherrschaft musste die Lage prüfen und kam schliesslich auf eine Lösung mit dem Stausee im italienischen Valle di Lei als Ersatz für das abgelehnte schweizerische Speicherbecken (Tab. I und II und Fig. 1).

Speicherinhalte und Staumauerkubaturen
der Projekte 1942 und 1956

Tabelle I

Stufe	Speicherbecken	Projekt 1942			Projekt 1956		
		Stauziel m	Speicher-Nutzinhalt 10 ⁶ m ³	Staumauerkubatur 10 ³ m ³	Stauziel m	Speicher-Nutzinhalt 10 ⁶ m ³	Staumauerkubatur 10 ³ m ³
I	Stausee Splügen	1560	280	≈1000			
	Stausee Valle di Lei				1931	197	810
II	Stausee Sufer	1401	20,8	75	1401	18,3	50

¹⁾ Bull. SEV 32. Jg.(1941), Nr. 22, S. 581...584.

Mittlere Betriebs-Nettogefälle und hydraulische Ausbaugrößen der Projekte 1942 und 1956

Tabelle II

Stufe	A. Mittleres Betriebs- Nettogefälle B. Ausbaugröße	Projekt 1942		Projekt 1956	
		A m	B m³/s	A m	B m³/s
I	Rheinwald-Sufers Valle di Lei-Ferrera	49 ... 152	44	477	45
II	Sufers-Andeer Sufers-Bärenburg	393	59	319	80
III	Andeer-Sils Bärenburg-Sils	280	45	393	80

Auf diesem Wege wurde das Projekt der Kraftwerke Hinterrhein zu einem internationalen Bauvorhaben. Die 1947 eingeleiteten Verhandlungen mit Italien zogen sich jahrelang hin; die Schweiz stellte vor allem die Bedingung, dass die Staumauer auf Schweizerboden stehen müsse; dieser ist von Italien auf dem Weg des Gebietsabtausches erst zu erwerben. Italien hatte keine Eile, den endlich zustande gekommenen Staatsvertrag zu ratifizieren, bis die Gewährung eines Darlehens der Schweiz an Italien zur Elektrifizierung der italienischen Zufahrtslinien zum Gotthard und zum Simplon Anlass boten, die Ratifikation italienischerseits zu beschleunigen. Die im März 1948 dem EPED in Bern und dem Ministero dei Lavori Pubblici in Rom unterbreiteten Verleihungsgesuche für die Kraftwerkstufe Valle di Lei-Ferrera führten zu Verleihungen, die am 16. Dezember 1955 schweizerischerseits erteilt und am 21. Dezember 1955 italienischerseits unterzeichnet wurden. Zuvor genehmigte der Kleine Rat die bündnerischen Gemeindeverleihungen für die zwei unteren Kraftwerkstufen (5. November 1955). Inzwischen war das Projekt umgearbeitet und vervollkommen worden, z. B. wurde das früher in Andeer vorgesehene Maschinenhaus in die enge Schlucht bei Bärenburg oberhalb Andeer verlegt. Damit war man beim Dreistufen-Konzessionsprojekt 1956 mit der internationalen Stufe Valle di Lei-Ferrera, in die auch Wasser aus dem Averserrhein und dem Madriserrhein einbezogen sind (Tab. III), angekommen.

Die im März 1948 dem EPED in Bern und dem Ministero dei Lavori Pubblici in Rom unterbreiteten Verleihungsgesuche für die Kraftwerkstufe Valle di Lei-Ferrera führten zu Verleihungen, die am 16. Dezember 1955 schweizerischerseits erteilt und am 21. Dezember 1955 italienischerseits unterzeichnet wurden. Zuvor genehmigte der Kleine Rat die bündnerischen Gemeindeverleihungen für die zwei unteren Kraftwerkstufen (5. November 1955). Inzwischen war das Projekt umgearbeitet und vervollkommen worden, z. B. wurde das früher in Andeer vorgesehene Maschinenhaus in die enge Schlucht bei Bärenburg oberhalb Andeer verlegt. Damit war man beim Dreistufen-Konzessionsprojekt 1956 mit der internationalen Stufe Valle di Lei-Ferrera, in die auch Wasser aus dem Averserrhein und dem Madriserrhein einbezogen sind (Tab. III), angekommen.

3. Die Baubjekte

Das Projekt 1956 umfasst eine Reihe interessanter Dispositionen, die hier in Kürze erwähnt seien. Viele Zusammenhänge und das Projekt charakterisierende Größen lassen sich in Zahlentabellen am kürzesten und übersichtlichsten darstellen. Von dieser raumsparenden Darstellung wird daher ausgie-

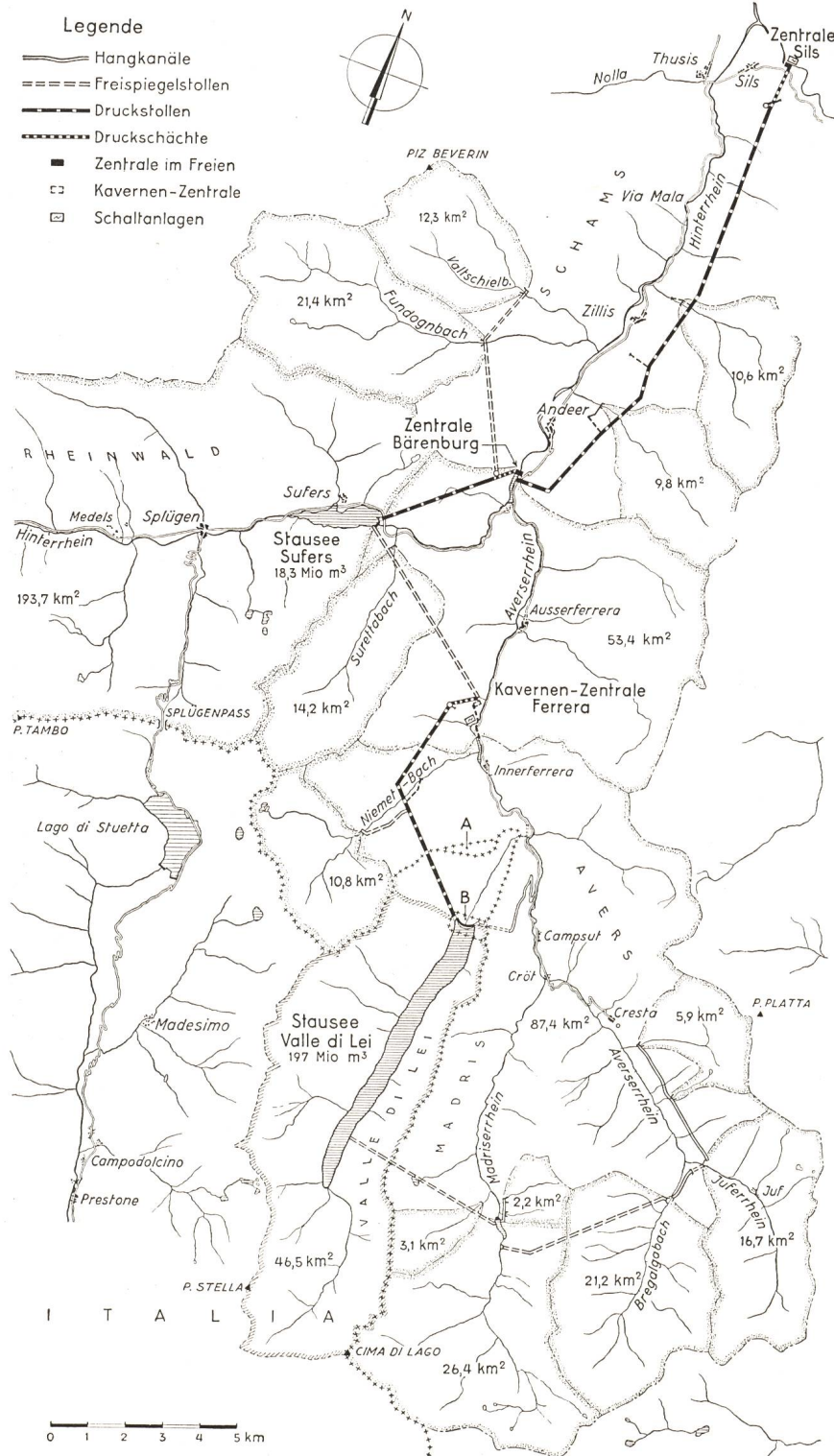


Fig. 1
Situation des generellen
Bauprojektes 1956

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

big Gebrauch gemacht. Die geologischen Verhältnisse werden hier übergangen.

Natürliche und künstlich erschlossene Einzugsgebiete
Generelles Bauprojekt 1956

Tabelle III

	km ²	km ²	km ²
I. Valle di Lei-Ferrera			
a) Reno di Lei an der Sperrstelle Valle di Lei		46,5	
b) Zuleitungen zum Stausee Valle di Lei:			
Maleggabach bei Cresta/Avers	4,5		
Bach bei «am Bach»/Avers	1,4		
Juferrhein	16,7		
Bregalgabach	21,2		
Pisciabach/Madrisertal	1,5		
Parébach/Madrisertal	0,7		
Madriserrhein bis Alp Preda	26,4		
Blesbach/Madrisertal	3,1	75,5	
c) Zuleitung in den Druckstollen Niemetbach		10,8	
direkt und durch Zuleitungen mit natürlichem Gefälle		132,8	
d) Durch Pumpen erschlossenes Resteinzugsgebiet bis Inner- ferrera		87,4	
Total Stufe I:			
Valle di Lei-Ferrera			220,2
II. Sufers-Bärenburg			
a) Hinterrhein bis zur Sperrstelle Sufers		193,7	
b) Zuleitungen zum Stausee Sufers:			
Averserrhein bis Innerferrera	220,2		
Surettabach	14,2	234,4	
c) Zuleitungen zum Wasserschloss Valtschielbach	12,3		
Fundognbach	21,4	33,7	
Total Stufe II:			
Sufers-Bärenburg			461,8
III. Bärenburg-Sils			
a) Hinterrhein und Averserrhein bis zur Sperrstelle Bärenburg		481,5	
b) Zuleitungen in das Wasser- schloss II			
Valtschielbach	12,3		
Fundognbach	21,4	33,7	
c) Zuleitungen in den Druck- stollen III			
Pigniabach	9,8		
Reischenbach	10,6	20,4	
Total Stufe III:			
Bärenburg-Sils			535,6
Allgemeines:	km ²	%	
Italienisches Einzugsgebiet	52,6	9,8	
Schweizerisches Einzugsgebiet	483,0	90,2	
	535,6		
Vergletscherung	41	7,7	

a) Stufe Valle di Lei—Ferrera

Eine Reihe von acht Bachfassungen im Gebiet des Averser- und Madriserrheins sollen durch Hangkanäle und Freispiegelstollen Wasser dem Speicherbecken im Valle di Lei zuführen. Dieses Speicherbecken bedarf zu seiner Füllung in einem Sommer mit mittlerer Wasserführung einer durch die Pumpanlage des Kraftwerks Ferrera zu fördernden Was-

sermenge von 36 Millionen m³, entsprechend 18 % des Nutzinhaltes des Speichers.

Die Staumauer des Speichersees im Valle di Lei, die von der Società Edison in Mailand projektiert wird, entsteht auf italienischem Territorium, das nach Fertigstellung des Bauwerks an die Schweiz abgetreten wird. Als Zugang wird von der Averserstrasse eine neue 2,6 km lange Strasse erstellt, die durch einen 0,95 km langen Tunnel ins Valle di Lei so geführt wird, dass sie ganz auf Schweizerboden verläuft und direkt auf die Staumauer ausmündet.

Der Druckstollen des Kraftwerks Ferrera wird 6,84 km lang, wovon ein Drittel auf italienischen Boden zu liegen kommt. Daran reihen sich Wasserschloss, Apparatkammer und Druckschacht, die ganz im Berginnern liegen.

Aus Gründen des spärlichen Platzes und der Lawinensicherheit wird der Maschinensaal in einer Kaverne untergebracht, die ca. 200 m nordwestlich der ehemaligen Eisenschmelze ausgebrochen wird. Ausser den vier Turbine-Generatorgruppen und zwei Motor-Pumpengruppen (Tab. IV) birgt es in der

Maschinen- und Transformatorenausrüstung
der Kraftwerkstufen

Generelles Bauprojekt 1956

Tabelle IV

	Stufe		
	I Ferrera	II Bärenburg	III Sils
Turbinen:			
Anzahl	4	4	4
Achse	horizontal	vertikal	vertikal
System	Pelton, Zwilling	Francis	Francis
Schluck m ³ /s	11,25	20	17,5
Leistung MW	47,5 ¹⁾	55 ²⁾	59 ²⁾
Generatoren:			
Anzahl	4	4	4
cos φ	0,8	0,8	0,8
Leistung MVA	58	67,5	72
Hausgruppe MVA	1,6	—	—
Pumpen:			
Anzahl	2	—	—
Leistung MW	24	—	—
Transformatoren:			
Einphasen-Gruppen			
Anzahl	2	4	2
Leistung pro Gruppe MVA	116	67,5	400

¹⁾ pro Turbine bei maximalem Nettogefälle und Vollleistung.

²⁾ pro Turbine bei mittlerem Nettogefälle und Vollleistung.

143 m langen Kaverne die Kommandostelle und die notwendigen Diensträume. Man wird sie von der Averserstrasse über eine Brücke und einen 170 m langen Tunnel erreichen. Das Wasser gelangt aus den Turbinen durch einen Freispiegelstollen zum Stausee Sufers. Vor seiner Fertigstellung wird das Abwasser der Turbinen dem Averserrhein durch einen kurzen Stollen zugeleitet. Ein Ausgleichbecken von 230 000 m³ Nutzinhalt dient dem Pumpbetrieb (Stauziel 1443 m). Die Sperrstelle im Averserrhein liegt rund 750 m und die Kaverne rund 1650 m un-

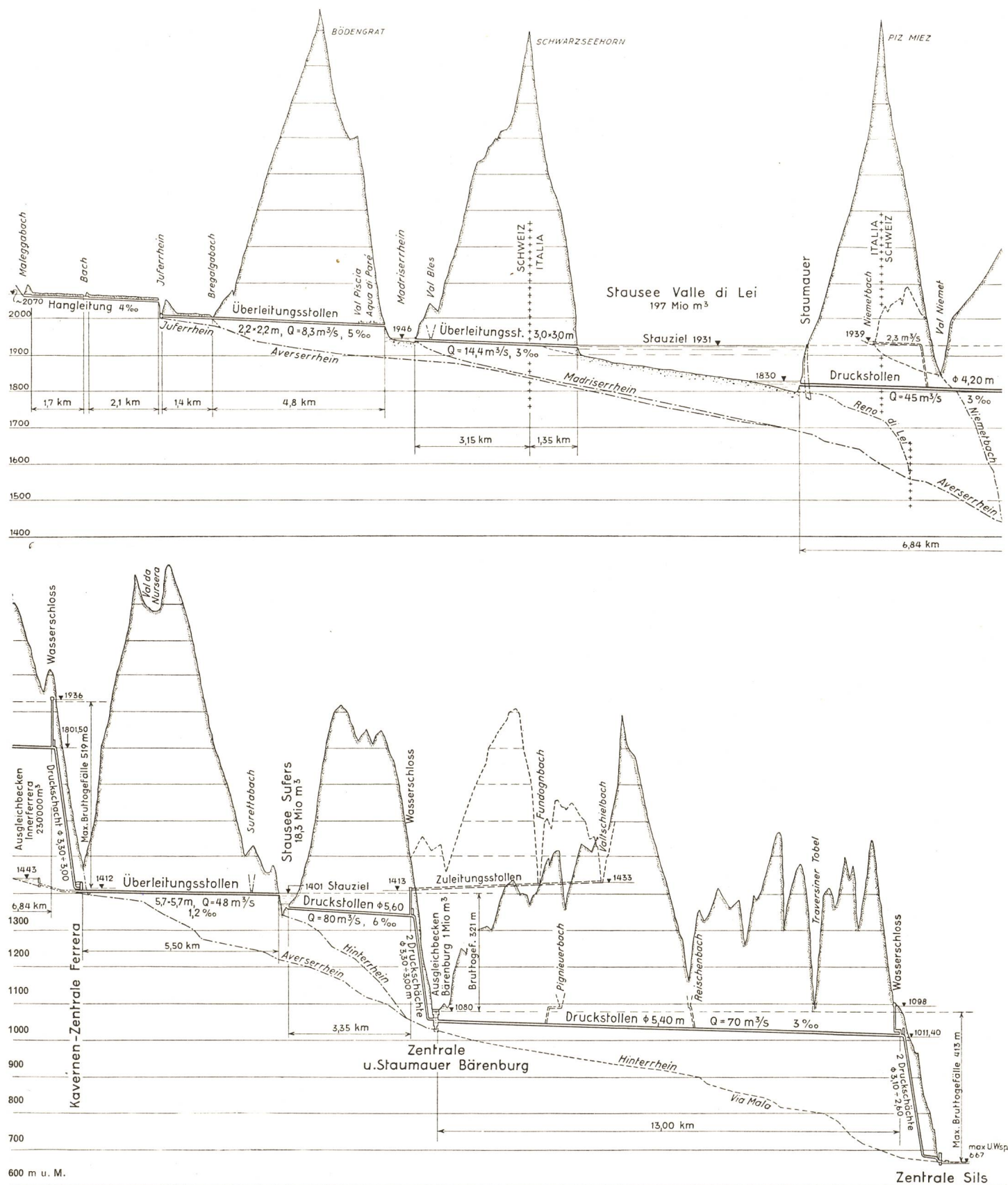


Fig. 2
Längenprofil des generellen Bauprojekts 1956
Längen M = 1 : 150 000
Höhen M = 1 : 15 000

terhalb des Dorfes Innerferrera (Fig. 3). Die 220 kV-Freiluft-Schaltanlage ist 400 m taleinwärts der

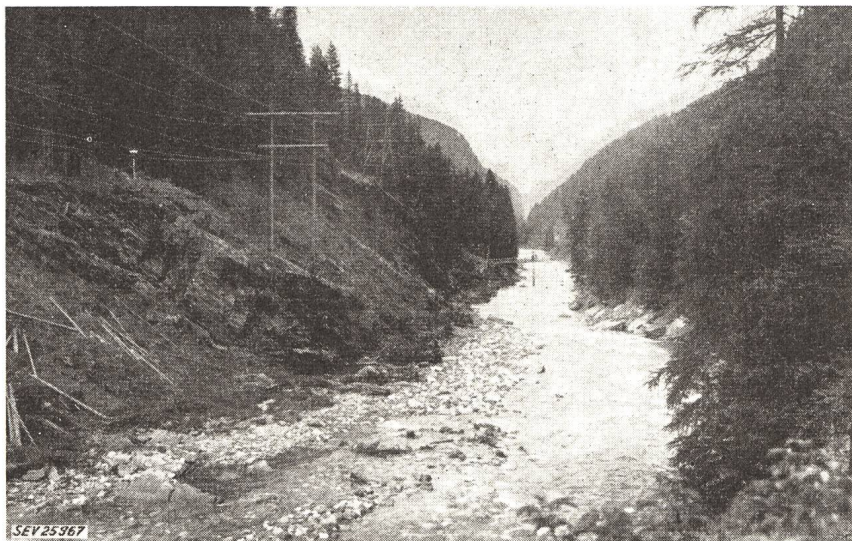
Kavernenzentrale projiziert, mit der sie durch einen Stollen verbunden wird. Von den 7 Feldern

der Schaltanlage dienen je 2 zur Verbindung mit den Transformatorengruppen, mit Italien, mit Bärenburg, und das siebente wird den Kuppelschalter aufnehmen. Für die Wahl von nur zwei Transformatorengruppen waren die engen Platzverhältnisse der Schaltanlage massgebend. Benachbart musste auch die Talstation der Seilbahn zum Wasserschloss lawinsicher vorgesehen werden.

b) Stufe Ferrera — Sufers — Bärenburg

Vom Ausgleichbecken gelangt das für den Pumpbetrieb nicht benötigte Wasser durch

Fig. 3
Baustelle des Kraftwerks Ferrera,
abwärts gesehen
Zustand Anfang August 1957



eine Hausturbine mit einem Schluckvermögen von $5 \text{ m}^3/\text{s}$ oder durch einen Energievernichter in den $5,5 \text{ km}$ langen Freispiegelstollen ($Q_{\text{max}} = 48 \text{ m}^3/\text{s}$), der es mit dem Betriebswasser der Zentrale Ferrera zum Stausee Sufers führt. Unterwegs wird der Surettabach eingeleitet ($Q_{\text{max}} = 3,3 \text{ m}^3/\text{s}$).

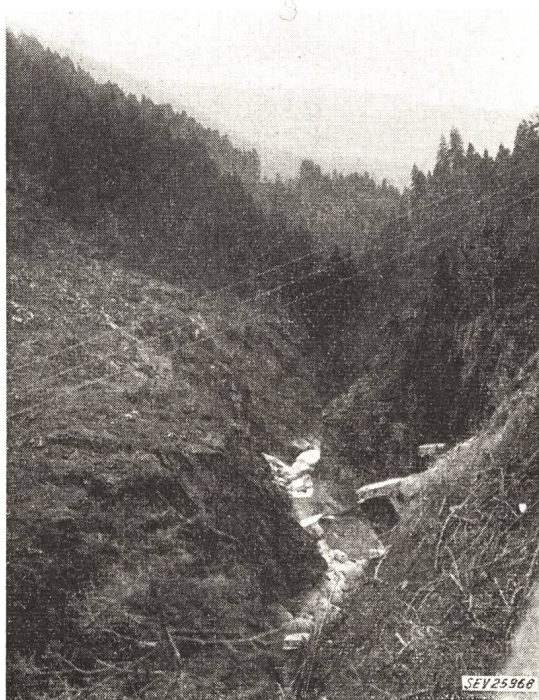


Fig. 4
Sperr- und Baustelle des Kraftwerkes Bärenburg,
abwärts gesehen
Zustand Anfang August 1957

Das Staubecken Sufers entsteht durch das Errichten einer 53 m hohen Bogengewichts-Staumauer in der engen Felsschlucht des Hinterrheins, ca. $1,2 \text{ km}$ talwärts des Dorfes Sufers. Auf dem Crestawald-

rücken ist ein 5 m hoher Staudamm ($20\,000 \text{ m}^3$) nötig und die Strasse muss auf eine Länge von ca. $4,2 \text{ km}$ neu erstellt werden.

Vom linksufrigen Einlaufbauwerk führt ein nur $3,35 \text{ km}$ langer Druckstollen zum Wasserschloss der Stufe II (Bärenburg), das durch eine permanente Luftseilbahn für Schwertransporte erschlossen wird. Dem Wasserschloss wird das Wasser des Valtischel- und des Fundognbaches durch einen $5,35 \text{ km}$ langen Freispiegelstollen ($Q_{\text{max}} = 5,7 \text{ m}^3/\text{s}$) zugeführt. Unterhalb des Wasserschlosses gabelt sich der Stollen in deren zwei, an die sich zwei Apparatekammern und zwei gepanzerte Druckschächte anschliessen.

Für die Maschinenanlage Bärenburg (Fig. 4) ist der Staumauertyp gewählt worden, d. h. die Staumauer dient als Fundament des Maschinenhauses, auf dessen Dach die Schaltanlage zu stehen kommt. Die Turbinen arbeiten unter dem variablen Gegen-druck des Ausgleichbeckens, in das das Betriebswasser der Turbine fliesst. In der Staumauer sind auch Generatorschaltanlage, Kommandoraum, Werkstatt und die weiteren Betriebsräume untergebracht. Zum Maschinensaal in der Staumauer gelangt man von der Talstrasse durch einen Zufahrtstunnel unter dem rechtsufrigen Hügel, der auch für Schwertransporte benützlich gemacht wird. Von den 10 Feldern der Freiluftschaltanlage (220 kV) stellen vier die Verbindung mit den Transformatoren her, zwei nehmen die Verbindungen von Ferrera auf, zwei weitere Leitungsstränge führen nach Sils, ein Feld ist als Reserve bezeichnet und eines wird als Kuppelfeld dienen. Allenfalls wird die Zahl der Transformatorengruppen von vier auf zwei herabgesetzt, was den rechtsufrigen Aushub wesentlich verkleinern würde.

c) Stufe Bärenburg—Sils

Vom Ausgleichbecken Bärenburg, das durch die 54 m hohe Talsperre ($65\,000 \text{ m}^3$) gebildet wird, gelangt das Betriebswasser durch den 13 km langen Druckstollen, in den der Pigniabach und der Reischenbach eingeleitet werden, zum Wasserschloss

Sils, das eine im Tagbau zu erstellende obere Kammer, einen 80 m hohen Schacht und eine 160 m lange untere Kammer umfassen wird.

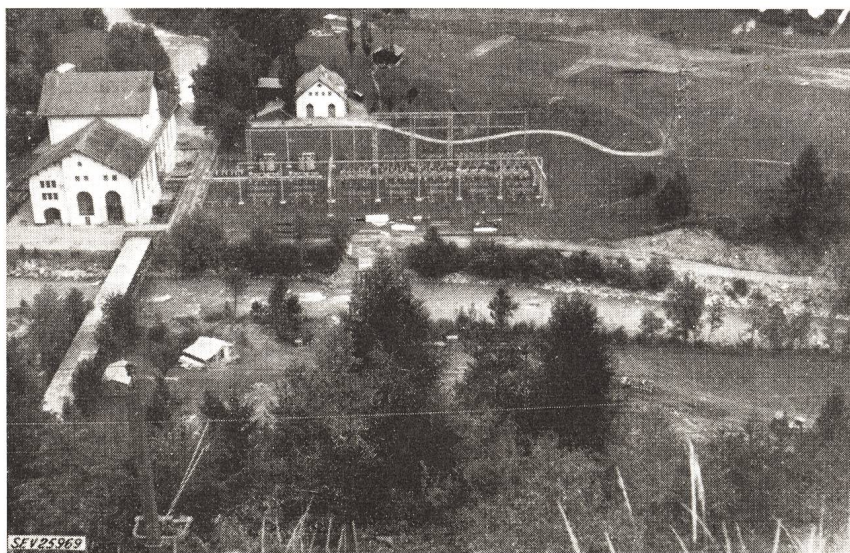
Das Maschinenhaus Sils ist auf dem linken Albulaufer projektiert (Fig. 5), wogegen das Maschinenhaus des Albulawerks (EWZ) auf dem rechten Ufer in ca. 200 m Entfernung steht. Das Maschinenhaus der Kraftwerke Hinterrhein ist so projektiert, dass es durch spätere Erweiterung bei einem Umbau des Albulawerks auch jene Maschinengruppen aufnehmen könnte. Naturgemäss enthält dieses freistehende Maschinenhaus auch alle anderen für den Betrieb notwendigen Räume und Hilfsdienste. Die Transformatorengruppen sind auf dem linken Ufer im Freien vorgesehen.

Die Freiluftschaltanlage wird mit der bestehenden, dem EWZ gehörenden (150 kV) in Zusammenhang gebracht. Sie wird einen 220-kV- und einen 380-kV-Teil umfassen und auf dem rechten Albulaufer aufgestellt. Die 8 Felder des 220-kV-Teils werden nebst einer Reserve folgende Leitungen aufnehmen: 2 Leitungen von Bärenburg, 2 von Tiefenkastel (EWZ), 2 nach Siebnen (EWZ), 1 nach Rothenbrunnen-Bonaduz. Daneben sind drei (1. Ausbau) Felder für die Verbindungen mit den Transformatoren nötig, was auch für den 380-kV-Teil gilt. Anfänglich wird nur eine 380-kV-Leitung nach Bonaduz in Aussicht genommen. Der Bau eines neuen Kanals bis zur Einmündung des Unterwasserkanals des Albulawerks in die Al-

Fig. 5

Maschinenhaus Sils des EWZ auf dem rechten Albula-Ufer und Baustelle des Maschinenhauses Sils der Kraftwerke Hinterrhein am Fuss der nahen Böschung (linkes Ufer)

Zustand Anfang August 1957



bula ist der grossen Wassermengen wegen wirtschaftlich.

4. Die Energieproduktionsmöglichkeit

Die Tabelle V zeigt, dass die Erzeugungsmöglichkeit des Projektes 1956 im Durchschnittsjahr und nach Abzug des Energieaufwandes für den Pumpbetrieb um 20,6 % grösser ist als diejenige des Projekts 1942. Für die Abflussmengenermittlung standen die Beobachtungen der Jahre 1918/1953 zur Verfügung. Als wasserärmster Sommer wurde derjenige von 1949 herangezogen. Der Anteil der Winterenergie an der möglichen mittleren Jahresproduktion beträgt im Projekt 1942 61 % (674 GWh), im Projekt 1956 noch 57 % (750 GWh). Der Leistungsausbau des Projekts 1956 ist um rund 300 MW (86,5 %) grösser, so dass sich die Erzeugung auf weniger Stunden konzentrieren lässt, was für die Energieversorgung von grossem Wert ist (Tab. VI).

Installierte Leistung und Energieproduktionsmöglichkeit im Durchschnittsjahr bei Vollausbau

Generelles Bauprojekt 1956

Tabelle V

Stufe	C: Installierte Leistung D: Mittlere Produktionsmöglichkeit ¹⁾ D _W im Winter D _S im Sommer D _J im Jahr	Projekt 1942				Projekt 1956			
		C	D _W	D _S	D _J	C	D _W	D _S	D _J
		MW	GWh	GWh	GWh	MW	GWh	GWh	GWh
I	Rheinwald-Sufers Valle di Lei-Ferrera	42	83	32	115	185	234	—	234
II	Sufers-Andeer Sufers-Bärenburg	190	329	202	531	215	230	257	487
III	Andeer-Sils Bärenburg-Sils	106	262	246	508	230	286	377	663
	Total Turbinenbetrieb brutto	338	674	480	1154	630	750	634	1384
	Ferrera Pumpenbetrieb	31	—	57	57	48	—	59	59
	Total, netto	—	674	423	1097	—	750	575	1325

¹⁾ nach Abzug der Ersatzlieferung für das Kraftwerk Thusis.

Ideelle Benützungsdauer im Winterhalbjahr der Projekte 1942 und 1956

Tabelle VI

Stufe		Projekt 1942 h	Projekt 1956 h
I	Rheinwald-Sufers Valle di Lei-Ferrera	2050	1380
II	Sufers-Andeer Sufers-Bärenburg	1820	1140
III	Andeer-Sils Bärenburg-Sils	2600	1400

5. Die Vorarbeiten

Unter diesen stehen wohl die umfangreichen Strassenbauten im Avers im Vordergrund. In den Jahren 1956 bis 1958 wird die Strasse durch das Avers von Rofla bis Cröt (15 km) durchgehend von 3 auf 5,2 m Breite erweitert und streckenweise neu gebaut oder mit neuen Brücken versehen. Der Kan-

ton Graubünden beteiligt sich an diesem bleibenden Werk durch Übernahme von 30 % der Baukosten. Diese Bauten sind eine wichtige Voraussetzung für die Arbeiten an den Wasserzuleitungen des Avers und für die Staumauer im Valle di Lei.

Eine andere bedeutsame Vorarbeit ist schon weitgehend ausgeführt, nämlich die Versorgung der Baustellen mit Elektrizität. Von Sils bis Bärenburg ist die endgültige 220-kV-Doppelleitung erstellt worden. Sie wird während der Bauzeit mit 50 kV betrieben. Diese Leitung setzt sich als ein 50-kV-Strang auf Holzmasten ins Avers fort; sie wird später der Talversorgung dienen (Konzessionsbedingung). Die Gemeinden und Baustellen werden aus 16-kV-Transformatorstationen versorgt. Im ganzen sind 30 km 50-kV- und ca. 60 km 16-kV-Leitungen (Stranglänge) sowie vier 50/16-kV-Transformatorstationen zu bauen und mit 17 MVA Transformatorenleistung auszurüsten. Die zu installierende 16-kV/380/220-kV-Transformatorenleistung ist auf 26 MVA bemessen. Die benötigte Spitzenleistung (ab Sils) wird etwa 9 MVA betragen. In den 50/16-kV-Transformatorstationen Campsut (1×400 kW), Ferrera (2×100 kW) und Sufers (2×100 kW), finden die Notstromgruppen Aufstellung, die später in den Maschinenanlagen Ferrera ($400 + 100$ kW) und Bärenburg ($400 + 100$ kW) in Reserve stehen werden.

6. Das Bauprogramm

Die unterste Stufe, Bärenburg—Sils, wird zuerst in Angriff genommen; sie soll ab Juli 1960 Energie liefern. Die Fertigstellung ist für 1961 vorgesehen. Sie liegt in dem durch Strassen schon erschlossenen Gebiet. Als zweites Kraftwerk wird 1958 die oberste Stufe Valle di Lei—Ferrera begonnen, deren Inbetriebnahme für den Oktober 1961 vorgesehen ist. Der Bau der Staumauer wird bis 1962 dauern. Als letzte Arbeit wird die mittlere Stufe Sufers—Bärenburg im Jahre 1959 begonnen. Die Energielieferung

soll im Juli 1962 einsetzen, während die Arbeiten 1963 zu Ende gehen werden.

Die Energielieferung wird von 1960 an bei mittlerer Wasserführung im Winterhalbjahr rund 1,16 Milliarden und im Sommerhalbjahr 1,39 Milliarden kWh betragen, bis sie durch weitere Inbetriebnahmen gesteigert werden kann.

7. Die Baukosten

Der Voranschlag umfasst folgende Baukosten:

Allgemeine Kosten:	Millionen Franken
Finanzierung	
Bauzinsen	
Projekt und Bauleitung	
Vorarbeiten	106
Bauenergieversorgung und Übertragungsleitungen:	
bis Sils	14
Kraftwerkstufen	
I Valle di Lei—Ferrera	224
II Sufers—Bärenburg	107
III Bärenburg—Sils	139
Total-Baukosten:	590

Aus diesen Baukosten ergeben sich bei 6,75 % Jahreskosten jährliche Lasten von 39,85 Millionen Franken. Wenn die Sommerenergie nach den Richtlinien des SWV (1949) bewertet wird, ergeben sich für die Winterenergie Gestehungskosten von 4 Rp/kWh. Voraussetzung für die Gültigkeit dieser Prognosen ist die Aufrechterhaltung der Materialpreise und Lohnaufwendungen wie sie zur Zeit der Aufstellung des Kostenvoranschlages bestanden haben.

Adresse des Autors:

H. Leuch, Dipl. Ing. ETH, Sekretär des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Statistik über die Produktivitäts-Unterschiede in Forschungslaboratorien

061.6

[Nach W. Shockley: On the Statistics of Individual Variations of Productivity in Research Laboratories. Proc. IRE Ed. 45 (1957), Nr. 3, S. 279...290]

Verschiedene Wissenschaftler unterscheiden sich stark in ihrer Produktivität. Man kann Produktivitätsunterschiede von 50 : 1 und noch mehr feststellen. Als Maßstab für die Produktivität eines Forschers kann man mit guter Annäherung die Zahl seiner Veröffentlichungen annehmen. Es ist nur selten der Fall, dass ein Wissenschaftler von Format wenig veröffentlicht. Ein weiterer Maßstab für die Produktivität ist durch die Zahl der Erfindungen und angemeldeten Patente gegeben.

Dennis hat in einer ausführlichen Studie die Zahl der Veröffentlichungen von 71 Mitgliedern der National Academy of Sciences der USA, die älter als 70 Jahre wurden, untersucht. Er hat gefunden, dass die Zahlen der Veröffentlichungen von diesen Personen zwischen 27...768 liegen, wobei der Mittelwert 145 Veröffentlichungen beträgt. Wenn man annimmt, dass der produktive Lebensabschnitt eines Wissenschaftlers ungefähr 30 Jahre lang dauert, dann ergibt

dies im Durchschnitt 5 Veröffentlichungen pro Jahr. Für die europäischen Wissenschaftler ergeben sich ähnliche Werte.

Fig. 1 zeigt als Beispiel die Veröffentlichungen und Patente von Personen eines grossen Industrie-Laboratoriums. Auf der Abszisse ist in linearem Maßstab die Zahl der Personen, die in dem betreffenden Laboratorium arbeitet, aufgetragen, auf der Ordinate in logarithmischem Maßstab die Zahl der Publikationen und Patente. Man sieht, dass sich bei dieser Wahl der Maßstäbe ungefähr Geraden durch die treppenförmig ansteigenden Charakteristiken legen lassen. Man sieht ausserdem, dass von den 63 Personen, die in dem Laboratorium arbeiten, 12 nichts veröffentlicht haben, 7 haben eine Veröffentlichung herausgegeben, 5 zwei Veröffentlichungen usw. Von 31 Personen liegen keine Patentanmeldungen vor, 8 haben ein Patent, 3 zwei Patente, usw., angemeldet. Die Zahl von 20 Veröffentlichungen und Patenten wird nur von einem Mitarbeiter dieses Laboratoriums überschritten.

Bei einer anderen Darstellungsart kann man den Umstand berücksichtigen, dass verschiedene Aufsätze mehr als einen Autor haben. Auf diese Weise kann man die Zahl der Autoren, die zusammen an einer Veröffentlichung gearbeitet haben, deutlich erkennen.