Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 42 (1950)
Heft: 5

Artikel: Die Kraftwerkprojekte Valle di Lei-Hinterrhein
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-922020

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

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

Beim Etzelwerk betragen die durch die Eingliederung der Pumpenanlage bedingten Mehrkosten:

	Erstellungskosten Fr.	%	Jahreskosten Fr.
Für die baulichen Anlagen	370 000.—	5	18 500.—
Für die maschinellen Anlagen (Pumpen mit Zubehör)	1 820 000.—	10	182 000.—
Total Mehrkosten	2 190 000.—		200 500.—

Es ergeben sich somit als feste Kosten der Pumpenanlage $\frac{200\,500.— \text{ Fr.}}{33\,000 \text{ kW}} \simeq 6.—$ Fr./kW. Bei einer ideellen Gebrauchsdauer T der Pumpenleistung betragen somit die festen Kosten pro kWh für den Betrieb der Pumpen aufgewendeter Energie $\frac{600}{T}$ Rp. Bezeichnet man den Preis der für den Pumpenbetrieb aufgewendeten Energie mit p Rp./kWh, so stellen sich bei einem Wirkungsgrad der Pumpenspeicherung von 65 % die Kosten der veredelten Energie auf

$$e = \frac{1}{0.65}\left(p + \frac{600}{T}\right)$$

Diese Kostengleichung ist dargestellt in Abbildung 6 mit p als Abszisse, e als Ordinate und mit T als Parameter.

Im ersten vollen Betriebsjahr 1947/48 wurde eine ideelle Gebrauchsdauer der Pumpenleistung von 1265 Stunden, im zweiten, 1948/49, eine solche von 1465 Stunden erreicht. Für die mittlere Gebrauchsdauer von 1365 Stunden lautet die Gleichung also

$$e = \frac{1}{0.65}(p + 0.44) = \left(\frac{p}{0.65} + 0.68\right) \text{ Rp./kWh.}$$

Die festen Kosten belasten also die aus der Pumpenspeicherung gewonnene, veredelte Energie mit 0,68 Rp./kWh. Der Wert p schwankt zwischen dem Wert 0 im unteren Grenzfall, wenn für das Pumpen überschüssige Laufwerkenergie verwendet werden kann, für die wirklich gar keine andere Verwertung zu finden ist, und dem höchsten für Fremdenergie oder thermisch erzeugte Energie ausgelegten Preis, wenn solche Energie in Notfällen wie im abgelaufenen Winter für Pumpzwecke herangezogen werden muß.

Speicherpumpenanlagen sind ein wertvolles Hilfsmittel für unsere schweizerische Wasser- und Energiewirtschaft. Sie gestatten die wasserwirtschaftliche Ausweitung mancher Anlage und bieten eine Möglichkeit der Verwertung anderweitig kaum nutzbar zu machender Energieresten. Sobald und soweit jedoch für den Pumpenbetrieb Energie herangezogen werden muß, für die besondere Auslagen zu machen sind (Fremdstrom, thermische Erzeugung), werden die Gestehungskosten der veredelten Energie rasch sehr teuer. Es sollte daher der Betrieb von Pumpenspeicheranlagen möglichst wenig mit Gebühren und Lasten belegt werden.

(Referat von Dir. Thomann folgt in nächster Nr.)

Die Kraftwerksprojekte Valle di Lei-Hinterrhein

Die bis in die ersten Jahre des laufenden Jahrhunderts zurückreichenden Studien über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte des Hinterrheins und des Averserrheins haben immer das gleiche grundsätzliche Ergebnis gehabt: Diese an und für sich reichen Wasserkräfte sind infolge der ungünstigen Verteilung des Abflusses auf die Winter- und die Sommermonate nicht ausnützbar, ohne daß durch ein großes Speicherbecken eine starke Änderung des Abflußregimes herbeigeführt wird. Diesen Speicher wollte man im Rheinwald schaffen, jedoch waren die notwendigen Wasserrechtsverleihungen nicht zu erhalten. Als Ersatz dafür soll nun ein Speicher in der italienischen Valle di Lei zur Ausführung kommen. Durch eine schweizerisch-italienische Grenzregulierung wird die Staumauer samt Nebenanlagen auf schweizerisches Hoheitsgebiet zu stehen kommen und dafür eine gleichgroße Fläche an der nördlichen Grenze der Valle di Lei von der Schweiz an Italien abgetreten. Über die in Valle di Lei untergehenden Alpen ist eine Vereinbarung mit den italienischen Alpbesitzern zustande gekommen, nach der ihnen, soweit möglich, Realersatzalpen auf Schweizer Gebiet zur Verfügung gestellt werden sollen. Das Konsortium Kraftwerke Hinterrhein und die Società Edison haben bei den zuständigen Behörden um die Erteilung einer internationalen Wasserrechtsverleihung für das Kraftwerk Valle di Lei-Innerferrera nachgesucht. Im Zusammenhang mit dieser Verleihung werden auch jene für die beiden unteren Stufen abzuklären und übereinstimmend zu regeln sein.

Die *allgemeine Anordnung* des Konzessionsprojektes 1948/49, die Dimensionierung der Anlagen und die Größe der einzelnen Einzugsgebiete sind aus dem Übersichtsplan und aus dem schematischen Längenprofil ersichtlich.

Der Stausee Valle di Lei (200 Mio m³) wird zu einem Drittel durch die natürlichen Zuflüsse aus dem italienischen Einzugsgebiet und zu zwei Dritteln durch Wasserzuleitungen aus den schweizerischen Tälern Avers, Madris, Emet und durch gepumpte Wassermengen der unterliegenden Einzugsgebiete des Averserrheins von Innerferrera aus gefüllt. Die Ausnützung dieses Speicherwassers zur Erzeugung von Winterenergie erfolgt in den drei Kraftwerkstufen

a) Stausee Valle di Lei-Innerferrera,
b) Innerferrera/Stausee Sufers-Andeer und
c) Andeer-Sils i. D.

Die durch den 20 Mio m³ fassenden Stausee Sufers nur zu einem geringen Teil aufspeicherbaren Wassermengen des Hinterrheins und die zur Füllung des Stausees Valle di Lei nicht benötigten Wassermengen des Averserrheins dienen der Erzeugung von Sommerenergie. Doch ermöglicht der Stausee Sufers neben der Produktion von Speicherenergie auch eine zusätzliche Veredelung der Laufenergie. Das diesem Stausee zufließende Wasser des Averser- und Hinterrheins kann sowohl im Winter als auch im Sommer täglich gespeichert und fast vollständig für eine auf die Tagesstunden konzentrierte Energieerzeugung verwertet werden, wodurch die ganze Werkgruppe eine große Betriebselastizität erhält.

1. Oberstufe (Valle di Lei-Innerferrera). Im Avers werden der Mahleckbach bei Cresta-Avers, der Bach bei «Am Bach» und der Juferrhein bei Podestatenhaus gefaßt und mit dem Bregalgabach durch einen Freispiegelstollen zu einem Ausgleichweiher von 130 000 m³ bei der Alp Preda im Madrisertal geleitet. Diesem Ausgleichbecken, das zur Fassung des Madriserrheins dient, werden auch die Abflüsse des Val Piscia und die Acqua di Paré zugeführt. Der Überleitungsstollen Bregalga-Alp Preda und die Fassungen und Zuleitungen der Seitenbäche des Madriserrheins sind so hoch vorgesehen, daß bei der Alp Preda die Anlage eines Speicherbeckens von ca. 10 Mio m³ möglich bleibt. Vom Ausgleichweiher Madris führt ein Freispiegelstollen zum Stausee Valle di Lei. In diesen Stollen wird auch der Blesbach eingeführt. Im Westen der Valle di Lei wird der Emetbach rund 600 m südlich der Alp Emet gefaßt, entsandet und in das Wasserschloß des Kraftwerkes Innerferrera geleitet.

Das im Stausee Valle di Lei gespeicherte Wasser wird durch einen Druckstollen zum Wasserschloß, von da zur Apparatekammer und von dieser durch einen gepanzerten Druckschacht zu der bei Chavrida im Freien zu erstellenden Zentrale Innerferrera geleitet. Diese Kraftwerkstufe soll für 30 m³/sec ausgebaut werden; das maximale Bruttogefälle beträgt 502 m. In der Zentrale sollen drei horizontalachsige Maschinenaggregate installiert

Abb. 2
Übersichtsplan
Kraftwerke Valle di Lei - Hinterrhein, 1 : 200 000.

werden, bestehend aus je 1 Peltonturbine für 10 m³/sec mit maximalem Nettogefälle von rund 480 m, entsprechend je ca. 40 000 kW (total 120 000 kW), 1 Generator, zugleich Antriebsmotor der Pumpe, ca. 48 000 kVA (total 144 000 kVA), 1 Pumpe für 4 m³/sec bei einer manometrischen Förderhöhe von 490 m, Aufnahmeleistung je ca. 22 500 kW (total ca. 68 000 kW).

Die Wasserabgabe kann in den neben der Zentrale vorbeifließenden Averserrhein oder nach Erstellung des Überleitungsstollens zum Stausee Sufers direkt in diesen (Wasserspiegelkote 1425 m) erfolgen. Für die Wasserfassung des Averserrheins und den Pumpbetrieb soll bei Innerferrera ein Ausgleichweiher mit 230 000 m³ Nutzinhalt durch Aufstau des Averserrheins um 23 m geschaffen werden.

2. Mittelstufe (Innerferrera/Sufers-Andeer). Vom Ausgleichweiher Innerferrera und vom Ablauf der Turbinen des Kraftwerkes Innerferrera gelangen die Nutzwassermengen durch einen kurzen offenen Kanal und einen anschließenden Freispiegel-Überleitungsstollen in den Stausee Sufers. Diesem Stollen wird bei km 5,15 durch einen kurzen Schrägschacht auch das Wasser des Surettabaches zugeführt. Für das Kraftwerk Sufers-Andeer wurde eine Ausbauwassermenge von 60 m³/sec angenommen, entsprechend einer Benützungsdauer von rund 1550 Stunden für das Winterhalbjahr Oktober-März. Dieser hohe Ausbau rechtfertigt sich wegen des kurzen Druckstollens dieser Stufe und wegen der Möglichkeit, die Energieerzeugung mit kleinen Spiegelschwankungen im Supersersee auf die Tagesstunden zu konzentrieren.

Von der Wasserfassung im Supersersee führt ein Druckstollen zum Wasserschloß. Der Fundognbach, ein linker Zufluß des Hinterrheins, wird auf ca. Kote 1425 m gefaßt, entsandet und durch einen Freispiegelstollen mit anschließendem kurzem Schrägschacht in die untere Wasserschloßkammer geleitet. Von der Stollengabelung unmittelbar unterhalb des Wasserschlosses führen zwei gepanzerte Stollen in die Apparatekammer und von da zwei parallele, gepanzerte Druckschächte zur Schiebergalerie und zur Kavernenzentrale Andeer in der linken Felsflanke der Bärenburgschlucht. Eine neue, ca. 300 m lange Zugangsstraße wird 110 m nach der Abzweigung von

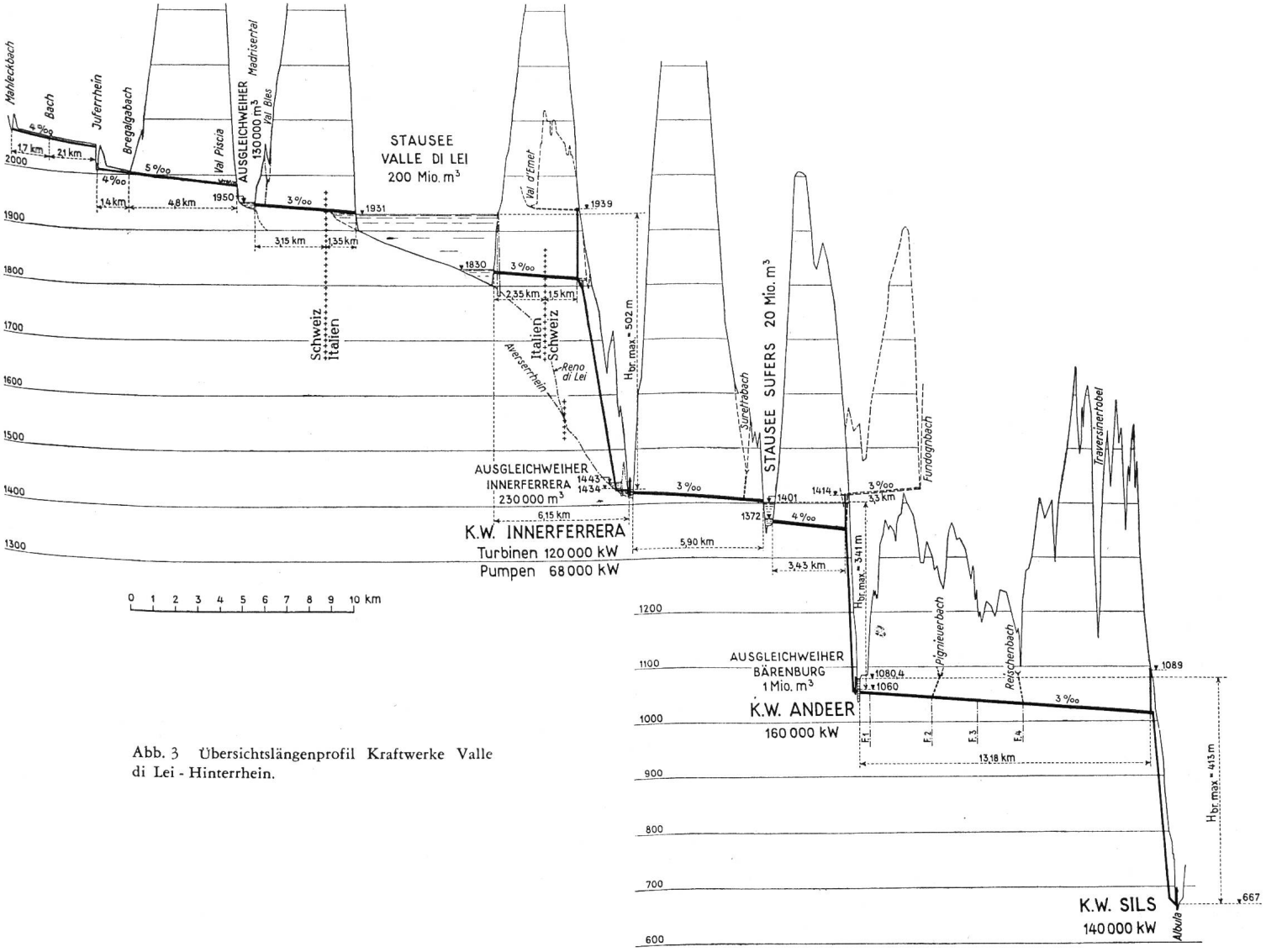

Abb. 3 Übersichtslängenprofil Kraftwerke Valle di Lei - Hinterrhein.

der Kantonsstraße über die rund 100 m lange Krone der Staumauer in der Bärenburgschlucht und durch einen 90 m langen Zugangsstollen zur Zentrale führen.

In der Zentrale Andeer werden voraussichtlich vier gleiche vertikalachsige Aggregate, bestehend aus je 1 Francisturbine für 15 m³/sec mit maximalem Nettogefälle von rund 330 m, entsprechend je ca. 40 000 kW (total 160 000 kW), 1 Generator ca. 48 000 kVA (total 192 000 kVA), installiert. Von den Francisturbinen wird das Wasser durch einen Druckstollen unter dem Gegendruck des Ausgleichweihers Bärenburg in diesen eingeführt. Letzterer ermöglicht mit seinem Fassungsvermögen von ca. 1,4 Mio m³ einen weitgehenden Belastungsausgleich zwischen der Mittel- und Unterstufe und verbessert dadurch ebenfalls die Betriebselastizität der ganzen Werkgruppe.

3. Unterstufe (Andeer-Sils). Für das Kraftwerk Andeer-Sils wurde eine Ausbauwassermenge von 44 m³/sec angenommen. Von der Wasserfassung in der rechten Felsflanke des Ausgleichweihers Bärenburg führt ein Druckstollen zum Wasserschloß bei Tarneras/Carschenna ob Sils. Im Schams werden noch der Pignieuerbach und der Reischenbach, rechtseitige Zuflüsse des Hinterrheins, gefaßt und direkt in den Druckstollen geleitet; das Wasser beider Bäche soll in der Regel nur vom Oktober bis April ausgenützt werden. Vom Wasserschloß führt ein kurzer gepanzerter Stollen zur Apparatekammer und von da ein gepanzerter Druckschacht zur Verteilleitung, Schieberkammer und zur Zentrale Sils, die links der Albula auf dem Grundstück «Nisellis» unmittelbar am Berghang im Freien erstellt werden soll.

In der Zentrale Sils werden voraussichtlich vier gleiche vertikalachsige Aggregate, bestehend aus je 1 Francisturbine für 11 m³/sec mit maximalem Nettogefälle von rund 380 m, entsprechend je ca. 35 000 kW (total 140 000 kW), 1 Generator ca. 44 000 kVA (total 176 000 kVA), installiert. Wegen der großen nutzbaren Wassermenge ist es wirtschaftlich, das Gefälle bis zur Wasserrückgabe der Zentrale Albula des EWZ auszunützen; die Wasserrückgabe muß dabei durch einen Unterwasserkanal und -stollen in die Albula erfolgen.

Niederschläge und Abflußmengen des bis zur Einmündung der Albula unterhalb Sils i. D. ca. 630 km² umfassenden, von Hinterrhein und Averserrhein durchflossenen Alpengebietes sind durch zahlreiche Beobachtungsstationen schon seit Jahrzehnten ermittelt und weitgehend abgeklärt worden. Die Vergletscherung beträgt gesamthaft nur ca. 41 km² oder 7,8 % des total erfaßten Einzugsgebietes. Die prozentual außergewöhnlich kleinen Winterabflußmengen, die bei den beobachteten Stationen im Mittel zwischen 16 % und 21 % der Jahresabflüsse schwanken, zeigen am deutlichsten, wie notwendig eine Großakkumulierung der Sommerabflußmengen dieses bedeutenden Einzugsgebietes ist.

Die erfaßten Einzugsgebiete verteilen sich wie folgt auf die einzelnen Kraftwerkstufen:

Oberstufe Valle di Lei-Innerferrera	220,2 km²
Mittelstufe Innerferrera/Sufers-Andeer	449,5 km²
Unterstufe Andeer-Sils	523,3 km²

Mittlere gesamte Energieproduktion der drei Kraftwerke

		Mio kWh
Winter:	Speicherenergie	521
	Laufenergie	230
	(Oktober-März)	751
Sommer:	(April-September)	577
Jahr brutto		1328
Erf. Pumpenenergie		— 70
Jahr netto		1258

Die allein aus Speicherwasser gewonnene Energie beträgt 521 Mio kWh oder rund 70 % der Winterenergie; der Energievorrat des 200 Mio m³ fassenden Stausees Valle di Lei beträgt hierbei 494 Mio kWh oder 2,50 kWh/m³ gespeicherten Wassers. Vergleichsweise sei hier erwähnt, daß der Energievorrat des in früheren Projekten vorgesehenen 280 Mio m³ fassenden Stausees Rheinwald 484 Mio kWh oder 1,73 kWh/m³ gespeicherten Wassers betrug. In energiewirtschaftlicher Hinsicht ist somit mit dem vorliegenden Projekt ein vollwertiger Ersatz für den Stausee Rheinwald gefunden worden.

Die in dem für die gesamtschweizerischen hydrologischen Verhältnisse extrem wasserarmen Jahr 1920/21 erzeugbare Winterenergie beträgt 705 Mio kWh oder 94 % der dem langjährigen Mittel der Jahre 1918/45 entsprechenden Winterenergiemenge. Diese äußerst günstigen Verhältnisse gewährleisten eine bedeutende Verbesserung der Energieversorgung unseres Landes speziell auch in trockensten Jahren, in denen die aus Laufwerken erzeugte Winterenergie nach den heutigen Verhältnissen bis auf rund 75 % der Winterenergiemenge eines Mitteljahres zurückgehen kann.

Von der gesamten Energie entfallen 80 % auf die schweizerischen Partner der zu gründenden schweizerischen Kraftwerke Hinterrhein AG. und 20 % auf den italienischen Partner dieser Gesellschaft, die Società Edison, Mailand.

Unter Berücksichtigung der Aufwendungen für Konzessionen, Grunderwerb, Entschädigungen, Vorarbeiten, Projektierung, Bauleitung, Finanzierung, Bauzinsen und allgemeine Verwaltung ergeben sich die Anlagekosten für die gesamte Kraftwerkgruppe zu 513 Millionen Franken (Preisbasis 1948). Gestehungskosten der Winterenergie loco Konsumgebiet 4,2 Rp./kWh (Preisbasis 1948). Dies entspricht den Gestehungskosten der Winterenergie loco Werk von ca. 3,6 Rp./kWh (Preisbasis 1948).

Bi.