Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 33 (1941)
Heft: 6-7

Artikel: Due Nutzbarmachung der Hinterrhein-Wasserkräfte
Autor: Lorenz, G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921976

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: 02.07.2025

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

sich ein *Gestehungspreis der Energie* von 1,35 Rp./kWh bei voller Ausnützung des Kraftwerkes. Dieser Ansatz ist als Minimalwert zu betrachten. Er wird sich infolge der Kriegsteuerung erhöhen. Würde sich diese auf das gesamte Anlagekapital mit 25 % auswirken, also dieses von 31,5 auf 39,5 Mio Franken ansteigen, so ergäbe sich ein Gestehungspreis der Energie von 1,6 Rp./kWh.

III. Die Kraftwerk Rupperswil A.G.

Wie bereits erwähnt, haben sich die SBB mit den NOK zusammengeschlossen, um das Kraftwerk Rupperswil gemeinsam zu erstellen und zu betreiben. Hierfür sprechen einmal die bei der Ausnützung des Etzelwerkes gemachten guten Erfahrungen, dann aber auch der Umstand, dass das Kraftwerk Rupperswil mit seiner mittleren Leistungsfähigkeit von jährlich 184 Mio kWh für die künftigen Bedürfnisse der SBB zu gross wäre. Es entstünden Energieüberschüsse, ganz besonders im Sommer, die schwierig zu verwerten wären, auch wenn die elektrothermischen Einrichtungen (Elektrokessel) bei unsern Hilfsbetrieben (Werkstätten, Bahnhofbuffets) vollständig ausgebaut und noch weitere Linien elektrifiziert sein werden.

Die Zusammenarbeit mit den NOK erforderte den Abschluss eines Vertrages über Gründung einer Aktiengesellschaft zum Bau und Betriebe des Kraftwerkes Rupperswil, der gegenüber dem Gründungsvertrag betreffend das Etzelwerk einige wesentliche Aenderungen aufweist. Diese wie auch die Sitzfrage bildeten den Grund zur Schaffung einer getrennten Gesellschaft.

Die SBB räumen den NOK, gestützt auf Art. 12, Abs. 3, des Bundesgesetzes über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte ein Teilnutzungsrecht an der vom Bund beanspruchten Aarestrecke Rüchlig-Wildegg in der Weise ein, dass sie die Ausnutzung der Wasserkraft einer Aktiengesellschaft übertragen, an welcher neben den SBB die NOK mit 45 % am Aktienkapital und mit 50 % an der Energieproduktion beteiligt sind. Diese Aktiengesellschaft, Kraftwerk Rupperswil A.G., übernimmt für die Dauer des Gründungsvertrages alle den SBB aus dem Bundesratsbeschluss und den Vereinbarungen mit dem Kanton Aargau obliegenden Rechte und Verpflichtungen.

Das Kraftwerk Rupperswil ist von der Aktiengesellschaft als kombiniertes Bahn- und Industriekraftwerk auszuführen, wobei aber die Teilanlagen der beiden Partner nicht über das praktische Bedürfnis hinaus voneinander getrennt werden sollen.

Die Nutzbarmachung der Hinterrhein-Wasserkräfte

Von Ing. *G. Lorenz*, Direktor, Thusis

Anlagekosten und Energiegestehungspreise

Einleitung

Schon als das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts den Ausbau bündnerischer Wasserkräfte ins Auge fasste, wurde auch das Hinterrheingebiet, und zwar vorzugsweise die Gefällsstufe Sufers-Andeer in den Kreis der Untersuchungen einbezogen. Damals bedeutete aber eine Fernleitung vom jetzigen Albulawerk bei Sils i. D. bis nach Zürich mit ihren rund 135 km Länge angesichts des Standes der Uebertragungstechnik und der Wichtigkeit und unbedingt erforderlichen Betriebssicherheit einer städtischen Energieversorgung vom Ausmasse Zürichs in gewissem Sinn ein Wagnis. So ist es begreiflich, dass die Nutzbarmachung der noch etwas weiter entfernten Hinterrhein-Wasserkräfte mit einer Fernleitung durch die Viamala-Schlucht seinerzeit über ganz generelle Vorstudien nicht hinauskommen konnte und gegenüber dem in den Jahren 1908—10 erbauten Albulawerk in den Hintergrund treten musste.

In Verbindung mit dem Albulawerk und im Verlaufe der Kriegszeit erlebte die damals im Besitze der Lonza A.G. befindliche Karbidfabrik in Thusis einen mächtigen Aufschwung, und als man sich dadurch und durch den stark ansteigenden allgemeinen Energieverbrauch veranlasst sah, nach weiteren wirtschaftlich auszubauenden Wasserkräften Umschau zu halten, traten die Hinterrheinwasserkräfte in den Vordergrund des Interesses.

Gleichzeitig mit dem Abschlusse der ersten Verleihungsverträge in den Jahren 1917/18 wurden auch die Projektstudien von der Lonza A.G. aufgenommen und die Abklärung der hydrologischen und geologischen Verhältnisse in die Wege geleitet.

Bei Andeer am Hinterrhein und Fundognbach, bei Innerferrera und Campsut am Averserrhein und bei Sufers am Hinterrhein wurden je eine, also insgesamt fünf Limnigraphenstationen aufgestellt, deren nunmehr 20jährige lückenlose Diagramme uns heute ein um so zuverlässigeres Urteil über die verfügbaren Wassermengen ermöglichen, als diese Zeitperiode nicht nur mittlere und niederschlagsreiche, sondern vor allen Dingen auch die extrem niederschlagsarmen Jahre 1920/21 umfasst.

Der Einblick in die hydrologischen Verhältnisse des über 500 km² umfassenden Einzugsgebietes wird vervollständigt und vertieft durch die Niederschlagsergebnisse einer ganzen Serie von Stationen für tägliche Niederschlagsbeobachtungen (St. Bernhardinpass, Hinterrhein, Splügen, Innerferrera, Avers-Cresta, Andeer und Thusis), sowie von sechs Totalisatorenstationen (Annarosa, Gemskanzel, Alpetlistock, Piz Gallegione, Piz Scalotta und Piz Curvèr).

Es sind dies teils Stationen der Rhätischen Werke für Elektrizität, teils solche der Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich. Die Beobachtungsergebnisse dieser Stationen werden teils von der Abteilung für Hydrologie dieser Anstalt, teils vom hydrologischen Institut der ETH kontrolliert und verarbeitet.

Dass die Niederschlags- und Abflussverhältnisse des hochalpinen Einzugsgebietes des Hinterrheins nur in Verbindung mit grossen Akkumulieranlagen eine rationelle Wasserkraftnutzung erlauben, war von vorneherein einleuchtend, und es hat dieses Problem demgemäss auch schon in der Publikation Nr. 4 des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes «Wasserkräfte des Rheins im schweizerischen Rheingebiet von den Quellen bis zum Bodensee» eine in hydrologischer, topographischer und geologischer Beziehung generelle Würdigung erfahren, soweit dies auf Grund der damals bekannten Unterlagen und im Rahmen der seinerzeitigen Untersuchungen möglich war.

In der Folge gehörten denn auch neben der bereits skizzierten Abklärung der Niederschlags- und Abflussverhältnisse die Erhebungen topographischer und geologischer Natur zu den zeitraubendsten und kostspieligsten Vorarbeiten für die Nutzbarmachung der Hinterrheinwasserkräfte. Die Ergebnisse dieser umfassenden Studien und Planaufnahmen, die durch spezielle Arbeiten im Auftrage der Geologischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft eine wertvolle Ergänzung und Förderung erfahren haben, sind im III. Teil einer Publikationsserie über die Nutzbarmachung der Hinterrhein-Wasserkräfte, «Die Staubeckenanlagen», niedergelegt.

Hand in Hand mit den grundlegenden Vorarbeiten sind auch eingehende Studien und generelle Projekte mit Kostenberechnungen über die Kraftwerkanlagen zur Nutzbarmachung der Hinterrheinwasserkräfte von der Lonza aufgenommen und von deren Rechtsnachfolgerin, der A.G. Rhätische Werke für Elektrizität in Thusis in Verbindung mit der A.G. Motor-Columbus weitergeführt worden. Eine wertvolle Sammlung umfassender Pläne und Berechnungen ist im Laufe der Zeit aus diesen Studien hervorgegangen, deren Ergebnisse im «Führer durch die Schweizerische Wasserwirtschaft» und im I. und II. Teil der oben genannten Publikationsserie kurz zusammengefasst sind. Sie entsprechen ungefähr dem Stande der Arbeiten bis zum Jahr 1928.

Immer zwingender führten diese Studien dazu, die Erstellung einer ganz grossen Stauanlage ins Auge zu fassen, die im ersten Ausbaustadium der Werke die Bereitstellung grosser Mengen reiner Winterenergie für den schweizerischen Energiemarkt zur Deckung des Wintermankos der zahlreichen Flusskraftwerke gewinnen lässt, und die beim Vollausbau der Hinterrheinwasserkräfte immer noch einen beträchtlichen Ueberschuss an Winterenergie ergibt. Wasserkraftanlagen mit überschüssiger Sommerenergie können an den Flüssen der Voralpen und des Mittellandes meistens zweckmässiger und billiger erstellt werden als in den Hochalpen, denn dort geniessen sie kostenlos den Vorteil eines durch die grossen Schweizer Seen schon besser ausgeglichenen Wasserzuflusses. Während zum Beispiel das Verhältnis des sechsmonatigen Winterabflusses zum sechsmonatigen Sommerabfluss im Quellgebiet des Hinterrheins auf zirka 1 : 9 steht, erreicht es im Rhein unterhalb des Bodensees bereits 1 : 2.

Angesichts dieser Verhältnisse und der Ergebnisse der früheren Projektstudien und Kostenberechnungen über die Nutzbarmachung der Hinterrheinwasserkräfte war man schliesslich gezwungen, mit der durch die topographischen und geologischen Studien aufgezeigten, aber auch einzigen grossen Stauanlage Splügen-Nufenen (Rheinwald) an die Oeffentlichkeit zu treten. Eine erste Fühlungnahme mit den zuständigen Gemeinden ergab die grundsätzliche Zustimmung zu den erforderlichen Planaufnahmen, wenn auch selbstverständlich unter allem Vorbehalt für die Entschädigungs- und Umsiedlungsfrage, sowie die endgültige Stellungnahme zur Konzessionserteilung. So sind denn auch diese Planaufnahmen des ganzen Staugebietes und der Sperrstelle bei Splügen im besten Einvernehmen mit den Gemeinden und ihrer Einwohnerschaft im Laufe des Jahres 1929 durchgeführt worden. Die später erfolgte Ablehnung des ersten Entwurfes für einen Verleihungsvertrag durch die Gemeinden kann und darf deshalb auch nicht als das letzte Wort in dieser im wahrsten Sinne lebenswichtigen Frage für die Hinterrheintalschaften, den Kanton Graubünden und die schweizerische Energieversorgung betrachtet werden. Wir verweisen auf den I. und II. Teil obiger Publikationsserie, die davon eine überzeugende Darstellung geben.

Infolgedessen hat man sich auch nicht davon abhalten lassen, im Sommer 1930 die Entschädigungs- und Umsiedlungsfrage durch eine auf diesem Gebiet erfahrene und in jeder Beziehung unabhängige Stelle,

das ist die Schweizerische Vereinigung für Innenkolonisation und industrielle Landwirtschaft, eingehend studieren zu lassen. Die Ergebnisse dieser Studien sind in einem umfangreichen und ausserordentlich interessanten Gutachten niedergelegt und seither ausserdem in den Schriften Nr. 43 und 44 vorerwähnter Vereinigung veröffentlicht worden. Als zweifellos wertvolles und wichtiges Ergebnis dieser Arbeit sei hier erwähnt, dass das darin vorgeschlagene Realersatzverfahren eine Möglichkeit darstellt, dem Rheinwald erst die ganze bodenständige, landwirtschaftliche Bevölkerung mit ihrem heutigen Viehstand zu erhalten, womit eine weitere Entvölkerung dieses Hochgebirgstales trotz der Stauanlage vermieden werden kann. Damit fallen auch die schwersten Gründe der bisherigen Opposition gegen den Stausee Splügen-Nufenen dahin und zwar um so mehr, als die Studien der oben erwähnten Vereinigung für die künftige Ortschaft Splügen beim sogenannten «Alten Pflanzgarten» auf der rechten Talseite eine gegenüber dem ersten Vorschlag besser geeignete, durch keinerlei Lawinen, Steinschlag oder dergleichen gefährdete und der Einwohnerschaft von Splügen allem Anschein nach eher zusagende Oertlichkeit aufgezeigt haben. Die im I. Teil der Publikationsserie in Vorschlag gebrachte und von der Einwohnerschaft aus Gründen einer gewissen Steinschlag- und Lawinengefahr abgelehnte «Splügner-Grüne» auf der linken Talseite ist angesichts dieser besseren Lösung fallen gelassen worden. Dennoch erscheint der Realersatz durch Heuzufuhr nicht als eine allseits befriedigende Lösung, und es sind deshalb zur Zeit Studien im Gange, die den vom Stausee in ihrem Lebensnerv betroffenen landwirtschaftlichen Betrieben eine Umsiedlung nach dem Domleschg oder an den Heinzenberg eröffnen sollen. Da es sich insgesamt nur um 30 bis 40 Betriebe mit 300 bis 400 Vieheinheiten handeln wird, sollte eine volle Entschädigung und Befriedigung durch Umsiedlung, Heuersatzlieferung oder Geldablösung nach freier Wahl der Betroffenen nicht allzu schwer zu erzielen sein.

Abb. 2 Das Rheinwald in seiner heutigen Gestalt *Nr. 5045 BRB 3. 10. 1939*

Aus der zwingenden Notwendigkeit der Schaffung einer grossen Stauanlage Splügen-Nufenen (Rheinwald), die im III. Teil der Publikationsserie vom topographischen und geologischen Standpunkt aus eingehend beleuchtet worden ist, ergab sich das Bedürfnis einer nochmaligen eingehenden Ueberprüfung der gesamten Projekte und Kostenberechnungen.

Daraus ist das Projekt 1930/31 samt den zugehörigen Kostenberechnungen hervorgegangen, das den Hauptgegenstand dieser Darlegungen bilden soll. Hiezu sei auch noch ausdrücklich verwiesen auf die Mitteilung Nr. 27 des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft, in welcher die Nutzbarmachung der Hinterrheinwasserkräfte eine sehr eingehende, die Ergebnisse unserer Studien in den wesentlichen Punkten bestätigende Darstellung erfahren hat.

Das Projekt 1930/31

a) Allgemeines

Mit der Einbeziehung des Staubeckens Splügen-Nufenen in die Projekte für die Nutzbarmachung der Hinterrheinwasserkräfte wird für ein natürliches Einzugsgebiet von 550 km² (Aare bei der Handeck zirka 131 km²) nicht nur ein vollständiger Jahresausgleich, das heisst reine Jahreskonstantenergie, sondern ein bedeutender Ueberschuss an Winterenergie erzielt.

In der Ueberlegung, dass nach Fertigstellung der vielen im Bau und in Vorbereitung begriffenen Laufkraftwerke an den grossen Flüssen eine gewisse Sättigung an konstanter Jahresenergie und an Sommerenergie sich ergeben wird, dass also für einige Zeit vorzugsweise Bedarf für Winterwerktagsenergie vorhanden sein dürfte, dass ferner die grosse Stauanlage Splügen-Nufenen in direkter Verbindung mit einem Kraftwerk bei Andeer eine reine Hochdruckakkumulieranlage darstellt, hat sich in etwelcher Abänderung früherer Projekte ein grundlegender *zweistufiger Ausbau der Hinterrheinwasserkräfte* als die technisch-wirtschaftlich beste und billigste Lösung ergeben, und diese soll nun im Nachstehenden eingehender dargestellt werden (Abb. 1, S. 51).

Das Staubecken Sufers dient dabei nur als Akkumulieranlage für seine direkten Zuflüsse. Sein Wasservorrat soll erst nach annähernd vollständiger Ausnützung und Absenkung des Staubeckens Splügen-Nufenen mittelst einer Pumpanlage in den Haupt-

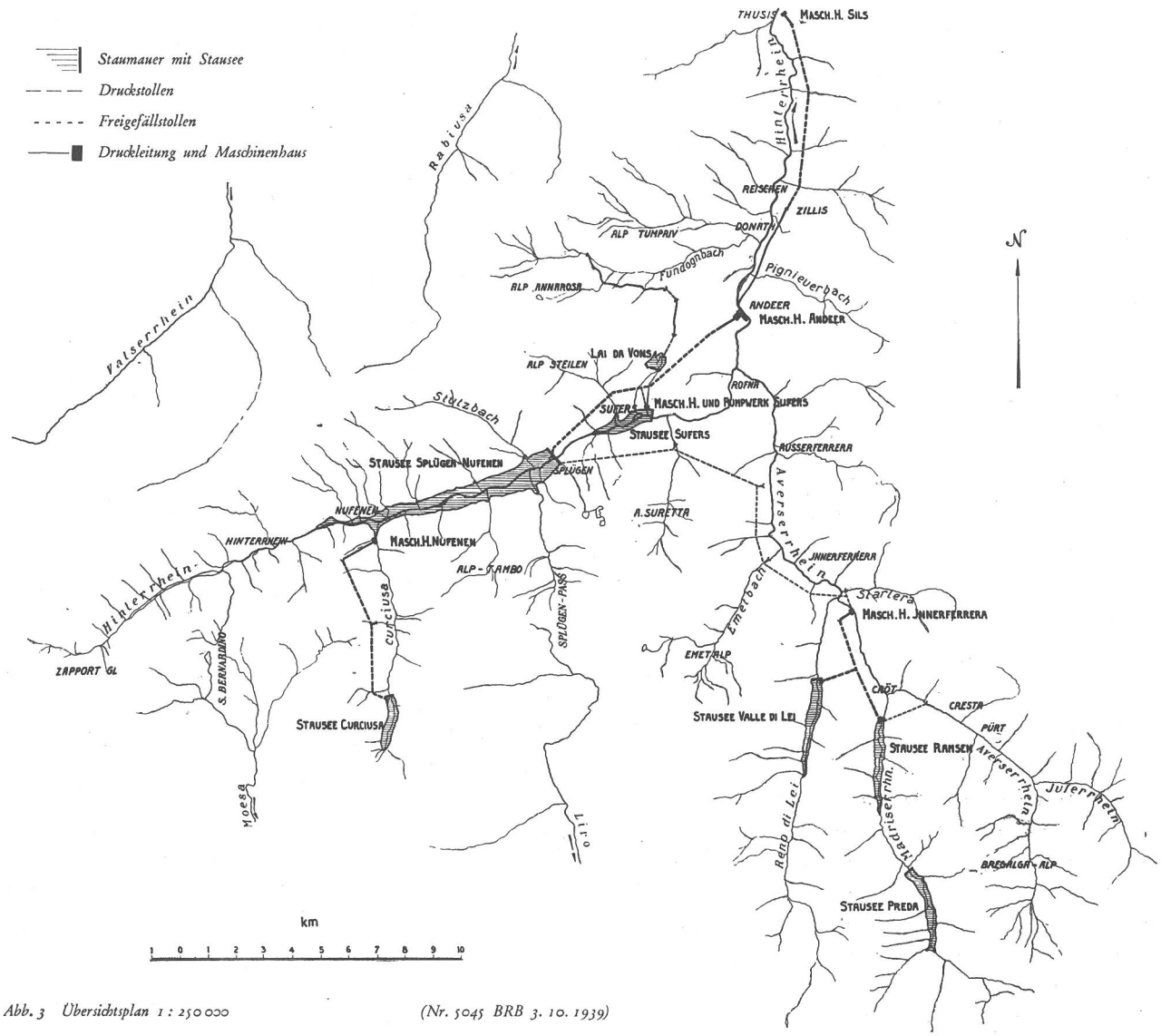

Abb. 3 Übersichtsplan 1 : 250 000 *(Nr. 5045 BRB 3. 10. 1939)*

stollen Splügen-Andeer gehoben werden. Bei einer Förderhöhe von im Mittel zirka 60 m ergibt sich für diese Ausnützung im Werk Splügen-Andeer ein Bruttogefälle von zirka 476 m.

Die Zuleitung des Wassers des Averserrheins und des Surettabaches erfolgt dabei direkt in den Stausee Splügen-Nufenen, der den energiewirtschaftlichen Schwerpunkt des ganzen Systems bildet. (Abb. 3.)

Der Ausbau der Werke ist in Würdigung ihrer bedeutenden Entfernung von den Verbrauchsgebieten elektrischer Energie für eine zirka 4000stündige jährliche Benützungsdauer der Spitze, also für das 2,2fache der konstanten Jahresleistung oder der konstanten Winterleistung, solange vorzugsweise Winterkraft ausgenützt wird, vorgesehen.

Dabei wird die obere Stufe Splügen-Andeer für eine etwas grössere Wassermenge als die untere Stufe Andeer-Sils auszubauen sein. Alle Einrichtungen der Kraftwerksanlagen werden so dimensioniert, dass kurzzeitige Ueberlastungen bis zu 10 % mit geringem Wirkungsgradabfall möglich werden.

b) Hydrologisches und Energieausbeute

Einzugsgebiete

Splügen-Andeer ohne Averserrhein	165 km²
Splügen-Andeer mit Averserrhein	390 km²
Andeer-Sils	550 km²

Staubecken

Splügen-Nufenen	m.Staukote 1563 m ü.M.(a.H.)	280 000 000 m³
Sufers	m.Staukote 1404 m ü.M.(a.H.)	20 000 000 m³
	zusammen	300 000 000 m³

Betriebswassermengen

Unter Berücksichtigung des abnorm wasserarmen Jahres 1921 und bei einer Wasserzuleitung vom Averserrhein zum Staubecken Splügen von bis zu 20 m³/sek ergeben sich im 20jährigen Durchschnitt auf Grund der Limnigraphenaufzeichnungen folgende mittleren Betriebswassermengen:

	Winterhalbjahr m³	Sommerhalbjahr m³
Splügen-Andeer ohne Averserrhein	316 000 000	—
Splügen-Andeer mit Averserrhein	388 000 000	252 000 000
Andeer-Sils	415 000 000	371 000 000

Gefällsverhältnisse

Splügen-Andeer mit	579 m	Bruttogefälle
Andeer-Sils mit	312 m	Bruttogefälle
zusammen	891 m	Bruttogefälle
Nettogefälle Splügen-Andeer	525 m	
Andeer-Sils	284 m	
Gesamtes Nettogefälle	809 m	

Jahresarbeit nach Vollausbau

	Winterhalbjahr kWh	Sommerhalbjahr kWh
Splügen-Andeer inkl. Stausee Sufers und Averserrhein	407 000 000	264 000 000
abzügl. Pumpenenergie für die Ausnützung des Stausees Sufers und Minderarbeit des gepumpten Wassers infolge geringeren Gefälles bei abgesenktem See	10 000 000	10 000 000
Splügen-Andeer netto	397 000 000	254 000 000
Andeer-Sils	236 000 000	211 000 000
zusammen	633 000 000	465 000 000

also im Jahresmittel total zirka 1 100 000 000 kWh.

c) Ausbaugrösse

Das Stauziel im Stausee Splügen-Nufenen auf Kote 1563 m ü. M. (a. H.) (die Kirche Nufenen liegt nach Siegfriedkarte auf Kote 1576 m [a. H.] und somit zirka 13 m über der Staukote Splügen-Nufenen) ergibt eine grösste Staumauerhöhe von 126 m und einen Mauerinhalt von 1 040 000 m³ bei einer Basisstärke der Mauer von 80 % der Höhe. Der bereits erwähnte nutzbare Stauinhalt von 280 000 000 m³ wird bei einer Absenkung um 105 m erreicht. Der Kubikmeter Mauerinhalt ergibt somit zirka 270 m³ nutzbaren Stauinhalt oder zirka 434 aufspeicherbare kWh pro m³ Staumauerinhalt.

Beim Stausee Sufers ist ein Stauziel von 1404 m ü. M. (a. H.) und eine Absenkung um 36 m vorgesehen. Der erforderliche Mauerinhalt beträgt unter Zugrundelegung eines analogen Mauerprofiles (Schwergewichtsmauer) wie beim Splügenbecken 64 000 m³, entsprechend zirka 310 m³ Stauinhalt oder zirka 425 aufspeicherbaren kWh pro m³ Staumauerinhalt.

Die gesamte installierte Leistung der Werke Splügen-Andeer und Andeer-Sils ist zu 460 000 PS angenommen worden und zwar in folgender Verteilung:

Splügen-Andeer = 54 m³/sek = 320 000 PS
Andeer-Sils = 46 m³/sek = 140 000 PS

Der Inhalt des Ausgleichweihers zwischen den beiden Werken bei Andeer kann dabei auf zirka 250 000 m³ begrenzt werden.

Die Hauptobjekte der Kraftwerksanlagen erhalten folgende Abmessungen:

	Splügen-Andeer	Andeer-Sils
Druckstollen	4,65 m ø, 7400 m lang	4,45 m ø, 11 600 m lang
Druckrohre	8 Stk. 1,5 m ø, 1050 m lang	4 Stk. 1,9 m ø, 660 m lang
Maschinen	8 Stück je 40 000 PS	4 Stück je 35 000 PS

Der Druckstollen der oberen Stufe, der für einen statischen Druck von 110 bis 125 m ausgeführt werden muss, weist im Grundriss zwei Richtungsknicke auf, die dadurch bedingt sind, dass die Triaszone nordöstlich von Sufers auf möglichst kurzer Strecke durchfahren werden soll.

Der Zuleitungsstollen vom Averserrhein zum Staubecken Splügen-Nufenen erhält eine Länge von 13,1 km. Er soll für 20 m³/sek Wasserführung ausgebaut werden. Vorgesehen ist vorläufig ein Stollen von 2,50 m Weite und 2,50 m Wassertiefe bei 3,6 % Gefälle. Die Wasserfassung bei der Gabelung der Flusstäler oberhalb Innerferrera muss in drei Einzelfassungen vorgenommen werden.

Es werden damit zirka 70 % des Abflusses aus dem 225 m² grossen Einzugsgebiet erfasst. Der Rest beschränkt sich in der Hauptsache auf Wasserüberschüsse der Schmelz- und Hochwasser.

Vom Oberwasserkanal Andeer-Sils ist der obere Teil als Betondruckrohr, der untere Teil als Druckstollen auszuführen. Das Wasser des Fundogn-Valtschiel-Baches wird nach Passierung einer Entsandungsanlage durch ein Dükerrohr in den Oberwasserkanal Andeer-Sils eingeleitet.

Zusammenstellung der Gesamtanlagekosten

Stausee Splügen-Nufenen	Fr. 89 400 000
Stausee Sufers	Fr. 8 800 000
Pumpwerk Sufers	Fr. 2 500 000
Kraftwerk Splügen-Andeer	Fr. 66 500 000
Kraftwerk Andeer-Sils	Fr. 43 300 000
Zuleitung des Averserrheins	Fr. 15 000 000
Summa	Fr. 225 500 000

Jahreskosten

Es wird angenommen, dass das Anlagekapital beschafft werden kann wie folgt:

40 % in Aktien mit einer auf 5 % limitierten Dividende,
20 % in Obligationen zu einem Zinsfuss von 4½ %,
40 % in Darlehen des Bundes mit variablem Zinsfuss, maximal 4 %.

Daraus ergibt sich eine *mittlere* Kapitalzinsbelastung von maximal 4½ %.

Für die Rückstellungsfonds wird 4 % Verzinsung angenommen. Die Rückstellungen selbst werden für die Kapitaltilgung innert zirka 80 Jahren und für die Erneuerung entsprechend einer kleinen fortschreitenden Geldentwertung bemessen. Für das unter Wasser kommende Gelände, für öffentliche

Strassen, für Konzessions- und Finanzierungskosten werden keine Erneuerungsrückstellungen vorgesehen. Mit diesen Annahmen errechnen sich folgende Jahreskosten:

Kapitalzins 4,5 % von Fr. 225 500 000	Fr. 10 147 500
Rückstellungen für Kapitaltilgung 0,2 %	Fr. 450 000
Rückstellungen für Erneuerung 1 %	Fr. 2 255 000
Betrieb und Unterhalt der Anlagen, Abgaben, Wasserzinsen, Steuern, Verwaltungskosten und allgemeine Unkosten	Fr. 3 670 500
zusammen	Fr. 16 523 000

in Prozent des Anlagekapitals 7,34 %.

Bewertet man die Winterenergie dreimal so hoch wie die Sommerenergie, so erhält man folgendes Bild:

Jährliche Winterenergie	633 000 000 kWh
Jährliche Sommerenergie	465 000 000 kWh
zusammen	1 098 000 000 kWh

Mittlerer Energiegestehungspreis	1,5 Rp./kWh ab Werk
Gestehungspreis der Winterenergie	2,1 Rp./kWh ab Werk
Gestehungspreis der Sommerenergie	0,7 Rp./kWh ab Werk

Ausbauetappen

a) Splügen-Andeer allein ohne Zuleitung des Wassers aus dem Averserrhein stellt zunächst ein reines Winterspitzenkraftwerk dar.

Es erzeugt mit dem Stausee Splügen bei einer Winterwassermenge von 316 000 000 m³ und 525 m Nettogefälle = *332 000 000 kWh.*

Mit 6 Maschinengruppen von 240 000 PS lässt sich eine Benützungsdauer von zirka 2000 Stunden erreichen.

Die Anlagekosten betragen für diese erste Ausbauetappe *Fr. 147 000 000.—*. Bei dem überwiegenden Anteil der Staubeckenkosten an den Anlagekosten betragen die Jahreskosten nur 7 % des Anlagekapitals und der Gestehungspreis *zirka 3,10 Rp./kWh für reine Winterwerktagsenergie.*

b) Splügen-Andeer mit Stausee Sufers (ohne Averserrhein) und *Andeer-Sils* als *zweite Ausbauetappe* ergeben zusammen:

Winterarbeit	rd. 580 000 000 kWh
Sommerarbeit	rd. 225 000 000 kWh

Die Anlagekosten betragen Fr. 211 500 000.— und die Jahreskosten bei einem Ansatz von 7,3 % des Anlagekapitals Fr. 15 440 000.—. Nimmt man nun wieder den Wert der Winterenergie zum dreifachen Betrag des Wertes der Sommerenergie an, dann kosten

die Winterenergie	2,4 Rp./kWh
die Sommerenergie	0,8 Rp./kWh

Diese Ausbauetappe kommt also dem Vollausbau in den Energiegestehungskosten schon sehr nahe, dagegen fehlt dem Zufluss vom Averserrhein zur Stufe Andeer-Sils die Ausgleichsmöglichkeit, was sich namentlich für die Verwertung der Sommerenergie nachteilig auswirken wird.

c) Die Wasserzuleitung vom Averserrhein zum Stausee Splügen-Nufenen als *dritte Bauetappe* bringt bei einem kleinen Zuschuss an Winterenergie vorzugsweise vermehrte Sommerenergie und vor allen Dingen die Möglichkeit der Ausnützung als Werktagstageskraft, was in Verbindung mit einer weiteren Senkung der Energiegestehungskosten die Energieverwertung erleichtern wird.

Weitere Ausbaumöglichkeiten.

Im *Rheinwald* verbleibt als einzige weitere eventuelle Ausbaumöglichkeit, die jedoch geologisch und technisch-wirtschaftlich noch der Abklärung bedarf, die Erstellung eines Nebenkraftwerkes bei Nufenen mit Stauanlage in Curciusa di Sopra. Letztere dürfte einen Nutzinhalt von zirka 13 Millionen m³ erzielen lassen und dabei etwa $^2/_3$ des Sommerabflusses ihres Einzugsgebietes inklusive Val Rosso aufnehmen. Für den Winter werden damit etwa 15 Millionen m³ über einem Nettogefälle von zirka 530 m, das sind rund *16 000 000 kWh* nutzbar.

Davon sind zirka 13 Millionen m³ der sommerlichen Nutzung in den Hauptgefällsstufen entzogen und der Veredelung in Winterenergie reserviert. Dies ergibt in diesen Stufen eine Vermehrung der Winterenergie von zirka *21 000 000 kWh.*

Das allfällige Nebenwerk Curciusa/Nufenen ergibt also schätzungsweise: 16 000 000 kWh *zusätzliche* Winterenergie als Eigenerzeugung und dazu 21 000 000 kWh Winterenergie aus Veredelung in den Stufen Splügen-Andeer und Andeer-Sils.

Die *obere Averserstufe* umfasst die Staubecken

Alp Preda im Val Madris	mit zirka	15 000 000 m³
Ramsen im Val Madris	mit zirka	20 000 000 m³
Valle di Lei	mit zirka	20 000 000 m³
	zusammen zirka	55 000 000 m³

Diese Staubecken sind nutzbar in einer Gefällsstufe von 1800 m ü. M. bis 1590 m ü. M., also mit zirka 210 m Bruttogefälle. Bei verhältnismässig kurzen Stollen und Druckleitungen kann man das Nettogefälle zu 180 m annehmen.

Die Füllung der Staubecken erfolgt zu einem erheblichen Teil durch Schmelz- und Hochwasser, welche als solche weder für die Ueberleitung nach dem Stausee Splügen, noch zur unmittelbaren Ausnützung in der Stufe Andeer-Sils in Betracht fallen. Die jährliche *Winterenergie* beträgt:

in der ob. Averserstufe inkl. Zufluss	zirka 32 000 000 kWh
in den Stufen Splügen-Andeer und Andeer-Sils als Veredelung	zirka 88 000 000 kWh
zusammen Winterenergie	zirka 120 000 000 kWh

Der Winter*zufluss* stellt nur in der oberen Averserstufe eine *zusätzliche* Energieerzeugung dar, während in den Stufen Splügen-Andeer und Andeer-Sils nur eine Vermehrung der Winterenergie auf Kosten der Sommerenergie erzielt wird.

Ueber obige Winterenergie hinaus ergibt sich in der *oberen Averserstufe* noch etwas Sommerenergie.

Auch die Wirtschaftlichkeit dieser Erweiterung wird in einem späteren Zeitpunkte noch näher zu untersuchen sein.

Schliesslich mag der Vollständigkeit halber noch darauf hingewiesen werden, dass unter Heranziehung des quellenreichen Einzugsgebietes des Valtschiel- und Fundognbaches in Verbindung mit dem Lai da Vons als Akkumulierbecken ein weiteres Nebenkraftwerk bei Sufers mit einem Bruttogefälle von zirka 400 m erstellt werden kann. Energieerzeugung und Wirtschaftlichkeit bleiben, ebenso wie die technischen Ausführungsmöglichkeiten, späteren Untersuchungen vorbehalten.

Schätzungsweise dürfte es sich um eine *zusätzliche* Energieerzeugung von zirka 30 bis 40 000 000 kWh *konstanter* Jahresenergie handeln.

Damit dürften auch die weiteren *technischen Ausbaumöglichkeiten der Wasserkraftnutzung des Hinterrheingebietes* dargestellt sein, soweit ihre *Wirtschaftlichkeit* wenigstens vermutet und zur späteren Untersuchung vorgesehen werden kann.

Zusammenfassung

Die Nutzbarmachung der Hinterrhein-Wasserkräfte ergibt in den beiden Hauptgefällsstufen Splügen-Andeer und Andeer-Sils mit Zuleitung des Averserrheins zum Staubecken Splügen-Nufenen

zirka	633 000 000 kWh	Winterenergie
zirka	465 000 000 kWh	Sommerenergie
somit	zirka 1 098 000 000 kWh	im Jahr

mit einem mittleren Energiegestehungspreis von ca. *1,5 Rp./kWh ab Werk.*

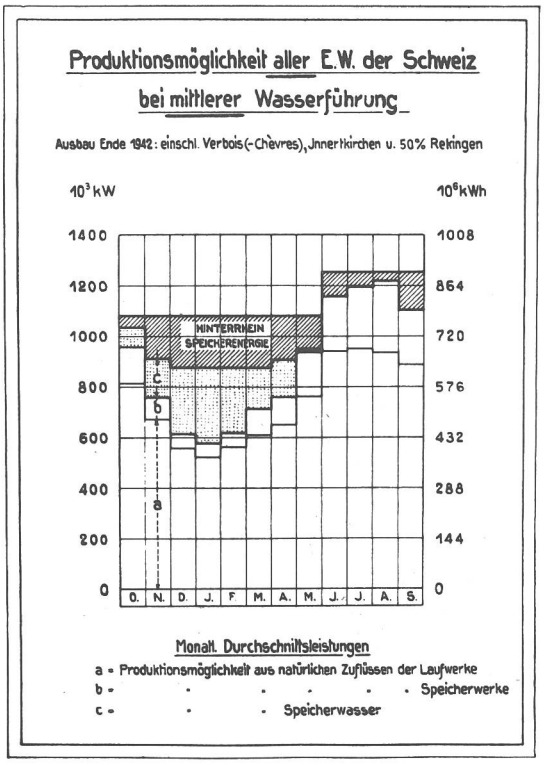

Abb. 4 Der Ausgleich des schweiz. hydroelektrischen Energiediagramms durch die Hinterrhein-Kraftwerke.

Durch die weiteren Ausbaumöglichkeiten kann die jährliche Energieerzeugung eventuell auf

zirka	822 000 000 kWh	Winterenergie
zirka	391 000 000 kWh	Sommerenergie
somit	zirka 1 213 000 000 kWh	im Jahr

gesteigert werden.

Das Diagramm in Abb. 4 zeigt schematisch die Einfügung der Energieerzeugung der Hinterrhein-Kraftwerke in das gesamtschweizerische Energie-Diagramm. Der dadurch erzielte Ausgleich wird die Verwertung grosser, heute noch nicht ausgenützter Disponibilitäten bestehender Flusskraftwerke erleichtern. Unter solchen Umständen dürfen die Energiegestehungskosten der Hinterrhein-Kraftwerke als vorteilhaft bezeichnet werden.

Das Grossakkumulierwerk «Andermatt»

Mitgeteilt von den Centralschweiz. Kraftwerken, Luzern

Allgemeine Gesichtspunkte

Im Jahre 1920 sind die Centralschweizerischen Kraftwerke erstmals mit dem Projekt für Errichtung eines Akkumulierkraftwerkes bei Andermatt an die Oeffentlichkeit getreten. Es war die Zeit nach dem grossen Weltkrieg, wo einerseits das Bedürfnis nach Erschliessung neuer Energiequellen sich besonders stark fühlbar machte, und wo andererseits die Fremdenindustrie im allgemeinen und diejenige von Andermatt im besonderen arg darniederlag und die verschiedenen Verkehrsanstalten wie Furka-Oberalpbahn, Schöllenenbahn etc. mit Finanzschwierigkeiten zu kämpfen hatten. Es war daher verständlich, dass das grosse Stausee-Projekt lebhaftem Interesse begegnete, nicht zuletzt bei der Bevölkerung von Andermatt selber. Aber es blieben immer noch Hindernisse verschiedener Art, die näher geprüft und abgeklärt werden mussten.