

**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:** 12.01.2026

**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 Rapperswil A.G.

Wie bereits erwähnt, haben sich die SBB mit den NOK zusammengeschlossen, um das Kraftwerk Rapperswil 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 Rapperswil 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 unsren 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 Rapperswil, der gegenüber dem Gründungsvertrag betreffend das Etzelwerk einige wesentliche Änderungen 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-Willegg 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 Rapperswil 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 Rapperswil 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 Abschluss der ersten Verleihsverträge 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 km<sup>2</sup> 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 Kraftwerkseinlagen 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 Öffentlichkeit 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 Konzessionerteilung. 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 Viecheinheiten handelt wird, sollte eine volle Entschädigung und Befriedigung durch Umsiedlung, Heuersatzlieferung oder Geldablösung nach freier Wahl der Betroffenen nicht allzu schwer zu erzielen sein.

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 km<sup>2</sup> (Aare bei der Handeck zirka 131 km<sup>2</sup>) nicht nur ein vollständiger Jahresausgleich, das heisst reine Jahreskonstantenergie, sondern ein bedeutender Ueberschuss an Winterenergie erzielt.

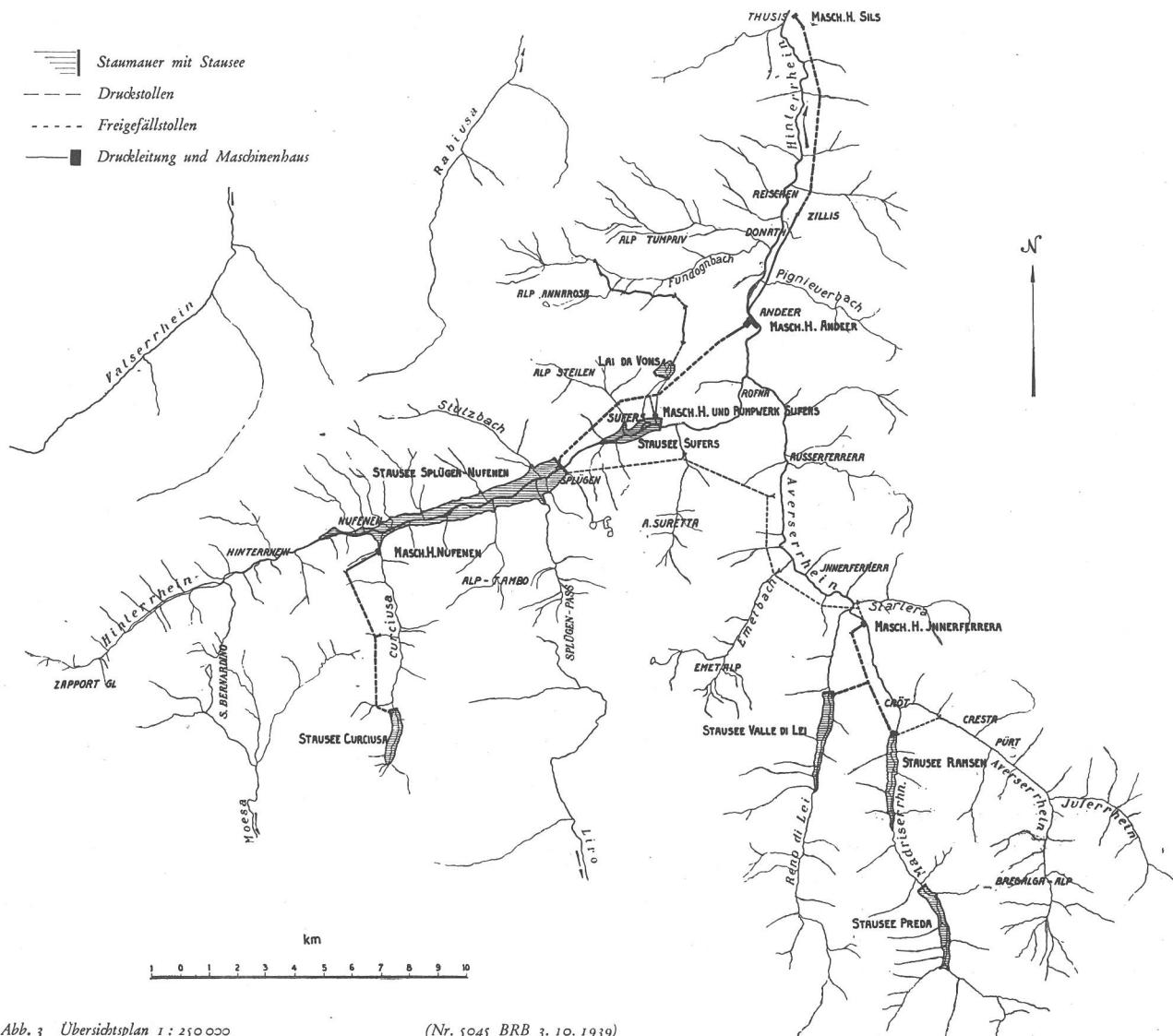
In der Ueberlegung, dass nach Fertigstellung der vielen im Bau und in Vorbereitung begriffenen Laufkraftwerke an den grossen Flüssen eine gewisse Sättigung an konstanter Jahresenergie und an Sommerenergie sich ergeben wird, dass also für einige Zeit vorzugsweise Bedarf für Winterwerktagsenergie vorhanden 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 Ausnutzung und Absenkung des Staubeckens Splügen-Nufenen mittelst einer Pumpenanlage in den Haupt-



Abb. 2 Das Rheinwald in seiner heutigen Gestalt

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 ausgenutzt 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 km <sup>2</sup> |
| Splügen-Andeer mit Averserrhein  | 390 km <sup>2</sup> |
| Andeer-Sils                      | 550 km <sup>2</sup> |

#### Staubecken

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Splügen-Nufenen m.Staukote 1563 m ü.M.(a.H.) | 280 000 000 m <sup>3</sup> |
| Sufers m.Staukote 1404 m ü.M.(a.H.)          | 20 000 000 m <sup>3</sup>  |
| zusammen                                     | 300 000 000 m <sup>3</sup> |

#### Betriebswassermengen

Unter Berücksichtigung des abnorm wasserarmen Jahres 1921 und bei einer Wasserzuleitung vom Averserrhein zum Staubecken Splügen von bis zu 20 m<sup>3</sup>/sek ergeben sich im 20jährigen Durchschnitt auf Grund der Limnigraphenaufzeichnungen folgende mittleren Betriebswassermengen:

|                                  | Winter-<br>halbjahr<br>m³ | Sommer-<br>halbjahr<br>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           | <u>891 m</u>          | Bruttogefälle |
| Nettogefälle       | Splügen-Andeer        | 525 m         |
|                    | Andeer-Sils           | <u>284 m</u>  |
|                    | Gesamtes Nettogefälle |               |
|                    | <u>809 m</u>          |               |

**Jahresarbeit nach Vollausbau**

|  | Winter-<br>halbjahr<br>kWh | Sommer-<br>halbjahr<br>kWh |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Splügen-Andeer inkl. Stausee   |                            |                            |
| Sufers und Averserrhein  | 407 000 000                | 264 000 000                |
| abzgl. 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   | <u>397 000 000</u>         | <u>254 000 000</u>         |
| Andeer-Sils  | 236 000 000                | 211 000 000                |
| zusammen   | <u>633 000 000</u>         | <u>465 000 000</u>         |
| also im Jahresmittel total zirka   | 1100 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 m<sup>3</sup> bei einer Basisstärke der Mauer von 80 % der Höhe. Der bereits erwähnte nutzbare Stauinhalt von 280 000 000 m<sup>3</sup> wird bei einer Absenkung um 105 m erreicht. Der Kubikmeter Mauerinhalt ergibt somit zirka 270 m<sup>3</sup> nutzbaren Stauinhalt oder zirka 434 aufspeicherbare kWh pro m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup>, entsprechend zirka 310 m<sup>3</sup> Stauinhalt oder zirka 425 aufspeicherbaren kWh pro m<sup>3</sup> Staumauerinhalt.

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

$$\begin{aligned} \text{Splügen-Andeer} &= 54 \text{ m}^3/\text{sek} = 320 000 \text{ PS} \\ \text{Andeer-Sils} &= 46 \text{ m}^3/\text{sek} = 140 000 \text{ PS} \end{aligned}$$

Der Inhalt des Ausgleichweiher zwischen den beiden Werken bei Andeer kann dabei auf zirka 250 000 m<sup>3</sup> 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, 11600 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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>2</sup> 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-Valtschi-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                       | <u>Fr. 225 500 000</u> |

**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   | <u>Fr. 16 523 000</u> |

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                | <u>1 098 000 000 kWh</u> |

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 Stautee Splügen bei einer Winterwassermenge von 316 000 000 m<sup>3</sup> 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 Winterwerktagssenergie.

b) *Splügen-Andeer mit Stautee 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 na-

mentlich für die Verwertung der Sommerenergie nachteilig auswirken wird.

c) *Die Wasserzuleitung vom Averserrhein zum Stautee 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 Nutzhinhalt von zirka 13 Millionen m<sup>3</sup> erzielen lassen und dabei etwa 2/3 des Sommerabflusses ihres Einzugsgebietes inklusive Val Rosso aufnehmen. Für den Winter werden damit etwa 15 Millionen m<sup>3</sup> über einem Nettogefälle von zirka 530 m, das sind rund 16 000 000 kWh nutzbar.

Davon sind zirka 13 Millionen m<sup>3</sup> der sommerlichen Nutzung in den Hauptgefällestufen 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 m <sup>3</sup>             |
| Ramsen im Val Madris mit zirka    | 20 000 000 m <sup>3</sup>             |
| Valle di Lei mit zirka            | 20 000 000 m <sup>3</sup>             |
| zusammen                          | <u>zirka 55 000 000 m<sup>3</sup></u> |

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 Stautee 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     | <u>zirka 120 000 000 kWh</u> |

Der Winterzufluss 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 Valschiel- 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 Hinterrhein gebietes* dargestellt sein, soweit ihre *Wirtschaftlichkeit* wenigstens vermutet und zur späteren Untersuchung vorgesehen werden kann.

### Zusammenfassung

Die Nutzbarmachung der Hinterrhein-Wasserkräfte ergibt in den beiden Hauptgefällestufen 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.

## 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 Öffentlichkeit 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 An-

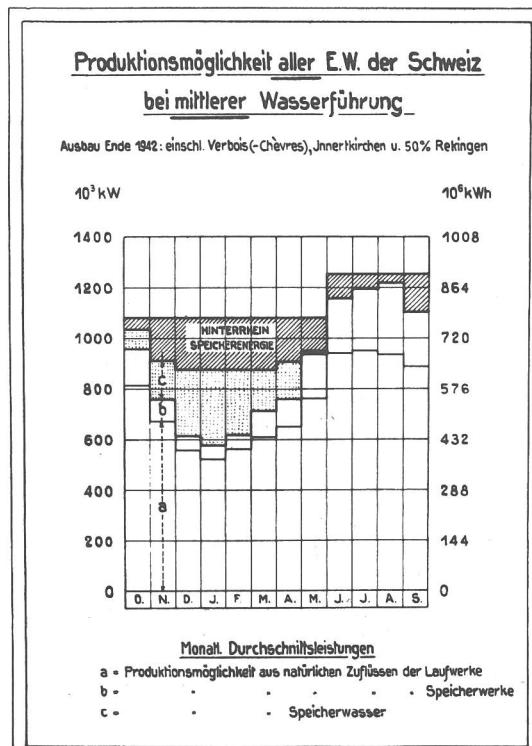


Abb. 4 Der Ausgleich des schweiz. hydroelektrischen Energiediagramms durch die Hinterrhein-Kraftwerke.

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.

dermatt im besonderen arg darniederlag und die verschiedenen Verkehrsanstalten wie Furka-Oberalpbahn, Schöllenbahn etc. mit Finanzschwierigkeiten zu kämpfen hatten. Es war daher verständlich, dass das grosse Stautee-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.