Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 37 (1945)
Heft: 7-9

Artikel: Der weitere Ausbau der Plessur-Wasserkräfte
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920789

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: 14.07.2025

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

Durch die Verwertung jahrzehntelanger Erfahrungen und Erkenntnisse ist es gelungen, einen Staukörper zu entwickeln, der das gesteckte Ziel: *Sicherheit, Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit und Formschönheit* erreicht hat. Obwohl damit ein bedeutender Schritt im Stahlwasserbau gemacht worden ist, darf selbstverständlich kein Schlußstrich unter die Entwicklung im Bau von Wehrverschlüssen gezogen werden. Die Erkenntnis und Anwendung des Wahren und Besten wird auch in Zukunft nur durch Weiterforschung, Weiterentwicklung und Weiteranpassung an gegebene Verhältnisse erreicht; eine Anpassung, für welche der Weg jedoch schon weitgehend durch die oben beschriebenen Sektor-Hakenschützen vorgezeichnet ist.

Der weitere Ausbau der Plessur-Wasserkräfte

Der Fluss Plessur im Kanton Graubünden lässt sich wirtschaftlich in drei Gefällstufen ausnützen, von denen bisher nur die mittlere Werkstufe durch das Elektrizitätswerk der Stadt Chur ausgebaut wurde. Da das genannte Werk nun auch die dritte, unterste Stufe zum Ausbau bringen will, beginnen wir mit einer kurzen geschichtlichen Darstellung des Elektrizitätswerkes der Stadt Chur, das in den 53 Jahren seines Bestehens einen starken Aufstieg erlebte und damit für den Weitblick der Behörden und die Einsicht der stimmberechtigten Bürger ein ehrendes Zeugnis ablegt.

Die Stadtgemeinde Chur beschloss am 28. Juni 1891 den Ankauf der abgebrannten Spinnerei Meiersboden am Zusammenfluss von Rabiusa und Plessur. Dort wurde die Wasserkraft der Rabiusa mit vier Maschinengruppen von insgesamt 475 PS ausgebaut, und bis Ende des Jahres 1892 waren bereits 63 Abonnenten mit 1300 elektrischen Lampen und drei Motoren angeschlossen; dazu kamen 14 städtische Strassenbogenlampen. Die Zahl der Abonnenten und die Anschlusswerte stiegen so rasch, dass schon im Jahre 1901 die Aufstellung einer zusätzlichen Dampfturbinengruppe von 300 PS durch die öffentliche Abstimmung bewilligt wurde. Anfänglich lag die Versuchung nahe, den bequemen Weg zu gehen und die nötige elektrische Energie auswärts zu kaufen. Es fehlte weder in den Behörden noch in der Oeffentlichkeit an Stimmen, die der Stadt Chur eine derartige Lösung empfahlen. Die Gemeinde war aber gut beraten, als sie die verhältnismässig kurzfristigen Angebote privater Elektrizitätsgesellschaften ablehnte und für die Hauptstadt des Kantons Graubünden die Selbständigkeit in der Elektrizitätsversorgung wahrte.

Siebenmal wurden die Churer Stimmberechtigten im Laufe eines halben Jahrhunderts an die Urnen gerufen, um Kredite für den Ausbau des städtischen Elektrizitätswerkes zu gewähren. Die Anlagekosten stiegen auf 7,1 Millionen Franken, aber sie waren wohl angewendet. Es wurde eine gute Versorgung der Stadt Chur mit elektrischer Energie erreicht, und dem Fiskus konnten bedeutende Erträgnisse abgeliefert werden, die auch für kulturelle Aufgaben Verwendung fanden.

Da die Zentrale Meiersboden den steigenden Anforderungen nicht mehr genügte, beschloss die Stadtgemeinde im Juli den Bau eines neuen Rabiusa-Werkes und eines Plessur-Werkes. Im Dezember 1906 wurde das neue Rabiusa-Werk dem Betrieb übergeben, das rund eine halbe Million Franken kostete. Das benützte Gefälle beträgt 83,1 m. In der Zentrale Sand wurden drei Maschinengruppen von je 250 PS aufgestellt. Die total für Licht und Kraft erzeugte Energie betrug 1912 1,3 Millionen kWh. Da sie in der Folge nicht ausreichte, wurde im September 1913 ein Anschluss an das Albula-Werk der Stadt Zürich erstellt. Trotz diesem Zukauf elektrischer Energie musste noch im Winter 1913/14 die Dampfturbine für die Spitzenkraft eingesetzt werden.

Am 12. Januar 1913 beschloss die Stadtgemeinde die Erstellung eines Kraftwerkes an der Plessur nach einem neuen Projekt. Die Baukosten dieses Werkes mit der Zentrale Lüen betrugen 2,3 Millionen Franken. Die Wehranlage und der Stolleneinlauf liegen etwa 1 km unterhalb des Dörfchens Molinis. Vor dem Stolleneinlauf befindet sich eine Entsandungsanlage, ein sog. Klärbecken. Die Zuleitung zum Wasserschloss erfolgt durch einen 2,4 km langen Stollen. Anschliessend folgt die 710 m lange Rohrleitung mit einem mittleren Rohrdurchmesser von 850 mm. Insgesamt wird ein Bruttogefälle von 220 m ausgenützt. An Maschinen wurden zuerst eingebaut: zwei Gruppen zu je 1500 PS mit Drehstromgeneratoren und eine Gruppe von 750 PS für den Bahnbetrieb Chur—Arosa.

Am 12. Dezember 1914 konnte das Werk nach 20monatiger Bauzeit den Betrieb aufnehmen. Im Jahre 1927/28 erfolgte die Aufstellung einer dritten Drehstromgruppe von 3000 PS, und damit war der Vollausbau des Kraftwerkes Lüen mit total 5000 kW erreicht.

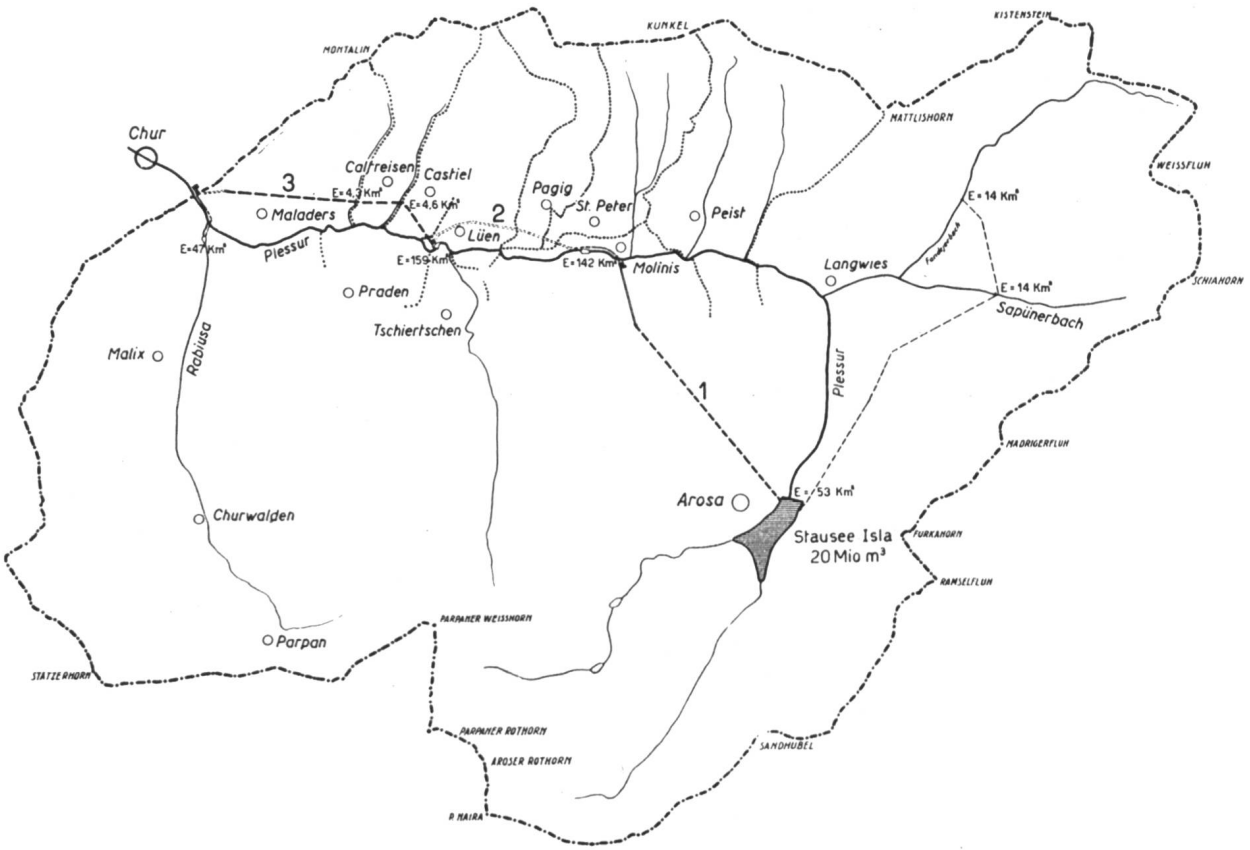

Abb. 1 Uebersichtsplan 1 : 150 000.

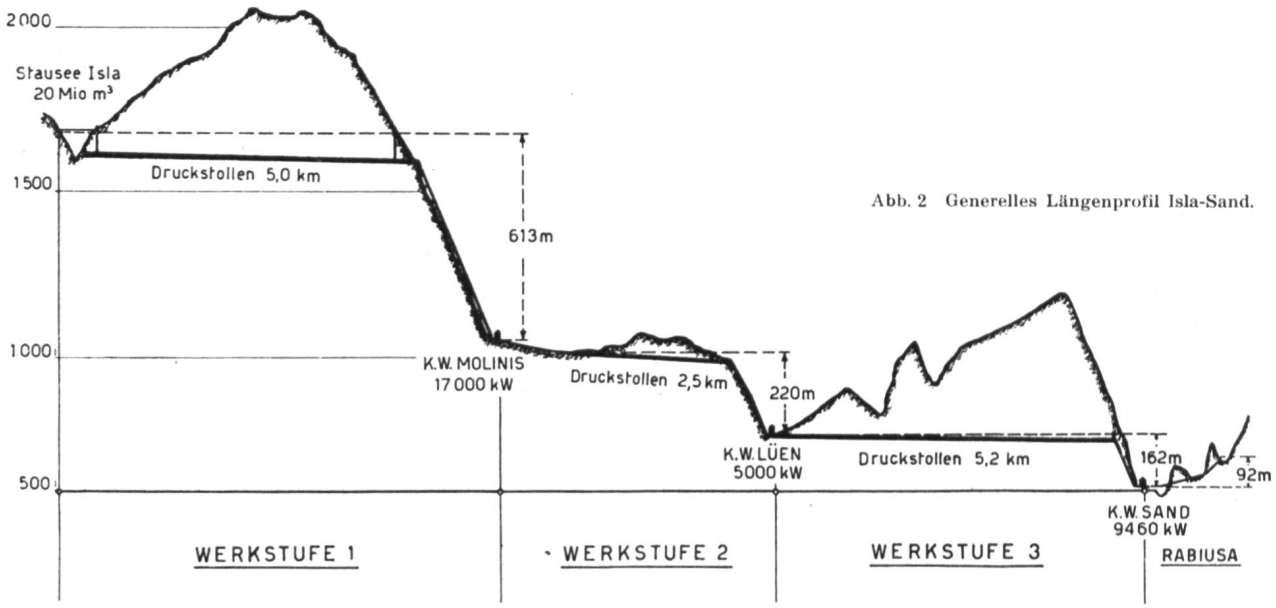

Abb. 2 Generelles Längenprofil Isla-Sand.

Die Entwicklung des Elektrizitätswerkes Chur vom Jahre 1915 bis zur Gegenwart ist dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Kraftwerke Sand an der Rabiusa und Lüen an der Plessur zuerst Ueberschussenergie ergaben, die verkauft werden konnte. Bald aber musste wieder Energie zugekauft werden. Vom Jahre 1924 an wurde das Verteilnetz sukzessive auf die Normalspannung 3 × 380/220 Volt umgebaut. Seit der Inbetriebsetzung der 3000-PS-Gruppe im Kraftwerk Lüen im Jahre 1928 hat sich die Abgabe elektrischer Energie für allgemeine Zwecke, Haushalt, Gewerbe und Industrie gewaltig entwikkelt. Trotz dem Vollausbau der Zentrale Lüen muss im Winter weitere Energie zugekauft und mussten Abonnenten mit dem Begehren um weitere Industrieanschlüsse abgewiesen werden. Das Jahr 1941 schloss mit einer maximalen Eigenerzeugung von 32,9 Millionen Kilowattstunden. Diese Eigenerzeugung konnte seither aufrechterhalten oder leicht erhöht werden.

Der weitere Ausbau von Wasserkräften zur Energiegewinnung wurde für das Elektrizitätswerk Chur zu einem wichtigen Problem. Zur Abklärung der weiteren Ausbaumöglichkeiten der Wasserkräfte der Plessur wurden vier Projekte untersucht. Von diesen Projekten ist die Studie über den Ausbau der obersten Stufe Isla-Molinis interessant. Bei Arosa würde ein Stausee von 20 Mio m³ Inhalt erstellt und bis Molinis ein Bruttogefälle von 603 m ausgenützt. Bei einem Ausbau auf 17 000 kW liessen sich im Sommer 68 und im Winter 59 Millionen kWh erzeugen. Die Erstellung dieser Werkstufe 1 kommt aber wegen der langen Bauzeit und der Materialschwierigkeiten zur Zeit nicht in Frage. Diese Stufe wird erst dann wirtschaftlich, wenn der Stausee für drei Gefällstufen ausgenützt werden kann, weil sich dann die Anlagekosten der Staumauer auf drei Stufen verteilen.

Für den weiteren Ausbau der Plessurwasserkräfte kommt als nächste Bauetappe vorerst nur die dritte Gefällstufe Lüen-Sand in Frage. Bei dieser Werkstufe ist vorgesehen, das Wasser aus dem Unterwasserkanal der Zentrale Lüen mit dem Plessurwasser der Strecke Molinis-Lüen zu vereinigen und in einem neuen Druckstollen nach dem Wasserschloss Maladers zu führen. Von dort wird eine Druckleitung zur bestehenden Zentrale Sand des Rabiusawerkes geführt. Bei einem Bruttogefälle von 162 m und einer Ausbauwassermenge von 6,0 m³/sec, die über sieben Monate im Jahr vorhanden ist, ergibt sich eine Leistung von 12 000 PS in der Zentrale Sand in zwei Einheiten von je 6000 PS.

Die *Wasserfassung* bei der projektierten Zentrale Lüen besteht aus einer Wehranlage mit zwei Doppelschützen. Die Schützen sind mit automatischer Regulierung und elektrischem Motorantrieb versehen, wobei sich die Schützen automatisch öffnen, wenn die Kote 770 überschritten wird. Neben den beiden Hauptwehröffnungen ist ein Kies- und Grundablass vorgesehen. Durch das Wehr entsteht ein Ausgleichweiher von 30 000 m³, der im Winter zum Ausgleich von Belastungsspitzen verwendet wird. Die Wehranlage ist für die Katastrophenwassermenge von 150 m³/sec berechnet. Solange die Plessur am Wehr über 6 m³/sec Wasser führt, kann das Flössholz durch die Oeffnungen der Wehranlage durchgebracht werden.

Die Kläranlage. Der Reinigung des Plessurwassers musste schon beim Wehr Molinis alle Aufmerksamkeit geschenkt werden, da die Plessur bei Regenwetter stark sandhaltiges Wasser führt. Um für die Aufstellung einer 50 000-Volt-Freiluftanlage Platz zu gewinnen, ist der Einbau der Kläranlage in Fels, am Anfang des Druckstollens vorgesehen. Die Kläranlage in Molinis ist zu klein und muss gelegentlich verbessert werden. Gegen die Vereisung der projektierten Kläranlage sind die nötigen Vorkehren getroffen.

Der Druckstollen. Die geologischen Untersuchungen wurden Prof. Dr. Staub an der ETH übertragen. Die schwierigste Partie bildet die Stollenstrecke zwischen Calfreisen und Maladers, da hier mit späteren Erdbewegungen zu rechnen ist. Die Abrutschdicke der Oberflächenpartien des Castielertobels wurde auf 60 m geschätzt. Der Stollen kann also nicht als Gerade zwischen Wasserfassung und Wasserschloss geführt werden, sondern erhält zwei Winkelpunkte, so dass er tiefer in den Fels zu liegen kommt. Ebenso musste dem Pfeiler der Castielerbrücke der Chur-

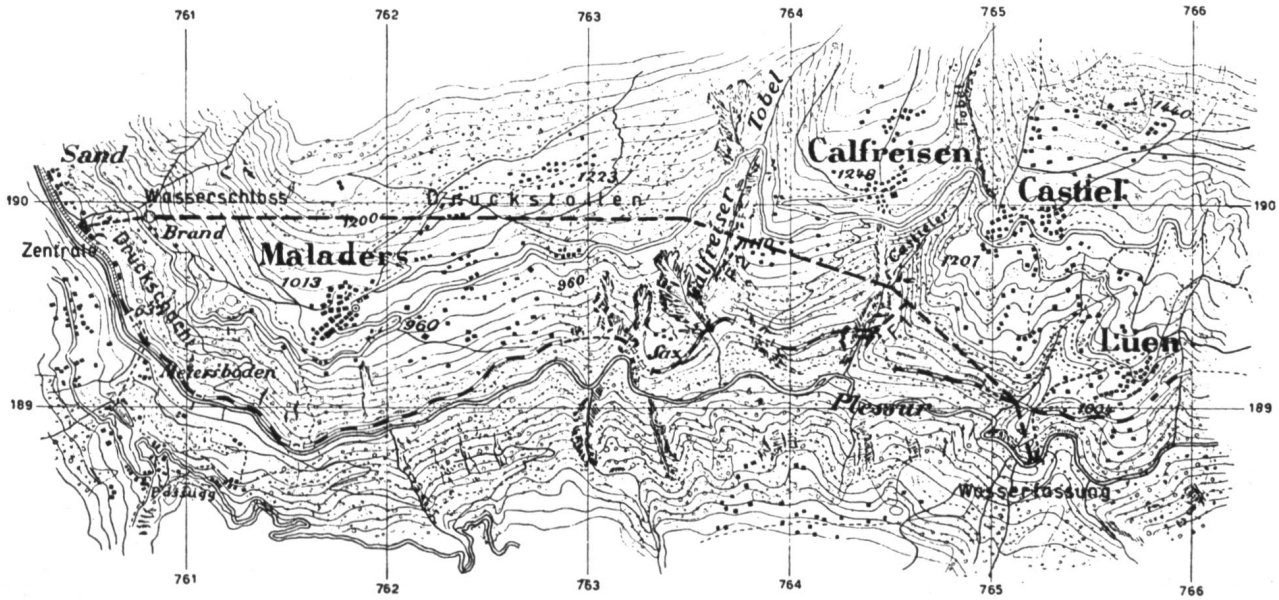

Abb. 3 Lageplan ca. 1 : 40 500.

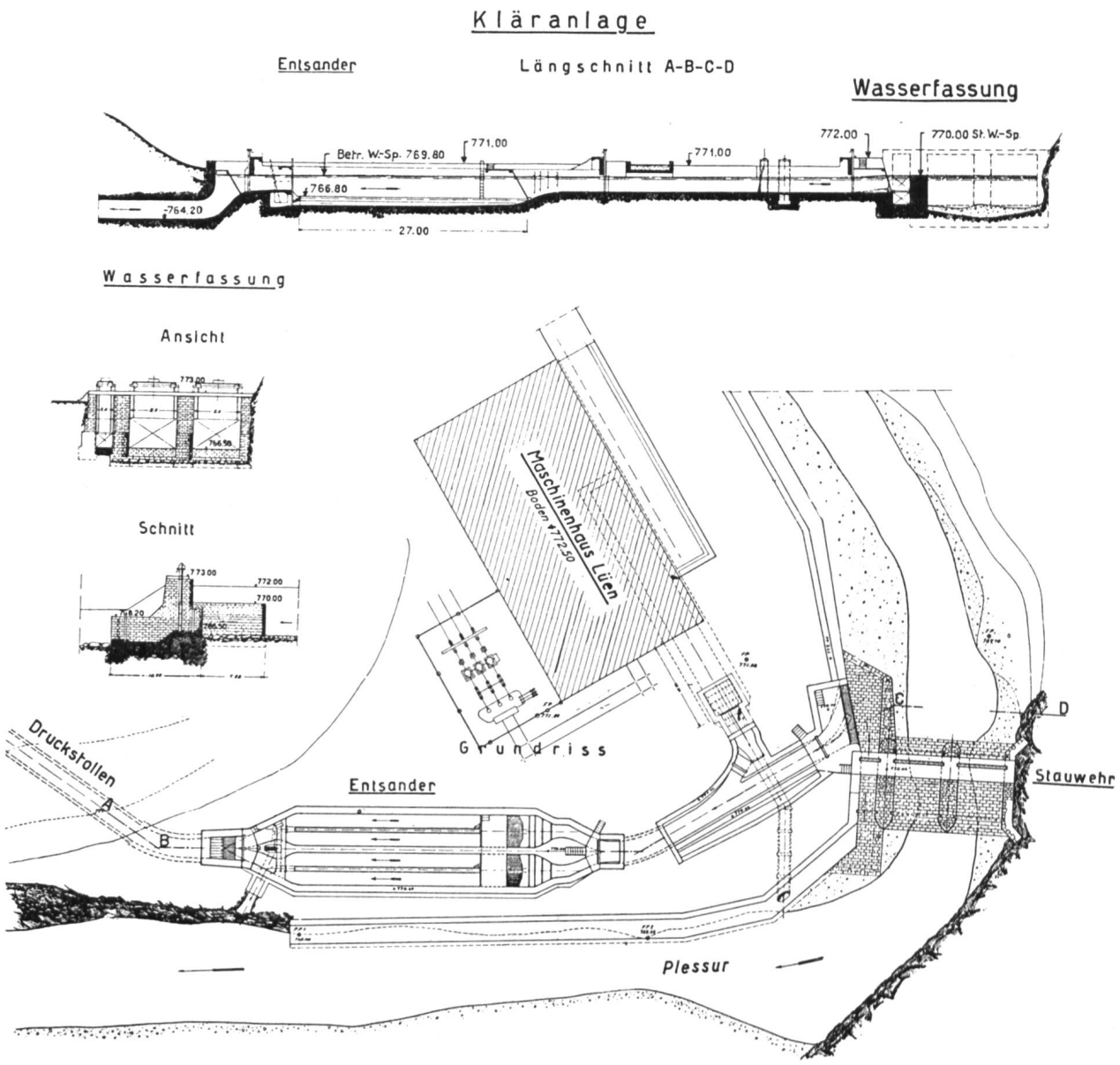

Abb. 4 Kläranlage und Wasserfassung.

Arosabahn ausgewichen werden. Das Stollenprofil ist ein gedrücktes Oval von etwa 2,1 m Höhe. Im guten Fels ist eine Ausbetonierung nicht erforderlich, es genügt ein 5 cm starker Gunitverputz. Wo die Felspartien weniger standfest sind, erhält der Stollen eine Betonverkleidung von 21 cm Dicke und einen Gunitverputz von 5 cm mit Drahtarmierung.

Das Wasserschloss kommt auf Gebiet der Stadt Chur zu liegen und besteht aus zwei Teilen: Einer oberen Kammer mit Wasserüberlauf innerhalb der Kammer und einer unteren Kammer von ca. 45 m Länge. Die untere Wasserkammer liegt seitlich zum Stollen. Die Berechnung des Wasserschlosses ist so erfolgt, dass beim plötzlichen Abstellen der beiden Maschinengruppen die maximale Wassererhebung nicht über Kote 775,9 aufsteigt und dann immer noch 50 cm Spielraum bis zur Decke des Wasserschlosses vorhanden ist. An das Wasserschloss ist die Apparatekammer angebaut mit einem elektrisch betätigten Rohrabschluss-Schieber, der von der Zentrale Sand aus bedient wird. Dieser Absperrschieber dient auch als automatischer Sicherheitsabschluss, falls in der Druckleitung oder im Druckschacht Störungen eintreten sollten.

Druckschacht und Druckleitung. Der Druckschacht zwischen Wasserschloss und der Druckleitungsverteilleitung bei der Zentrale Sand liegt im Fels mit Druckleitungsröhren von 8 bis 12 mm Stärke und einem lichten Durchmesser von 1,5 m. Diese Lösung ist billiger als eine offene Druckleitung und erfordert weniger Unterhalt, zudem wird das Landschaftsbild nicht gestört. Die Verteilleitung löst sich längs des Maschinenhauses in zwei Stränge auf mit je einem Kugelschieber.

Der Umbau der Zentrale Sand. Für das neue Plessurwerk muss kein neues Maschinenhaus erstellt werden, die Zentrale Sand des bestehenden Rabiusawerkes kann durch einen Umbau zur Aufnahme der neuen Maschinen benützt werden. In dieser Zentrale werden die drei alten Maschinengruppen des Rabiusawerkes durch eine neue Gruppe von 860 PS ersetzt; so wird der Raum geschaffen, um die zwei neuen Maschinengruppen des Plessurausbaues von je 6000 PS unterzubringen; ausserdem wird noch eine Gleichrichteranlage für die Chur-Arosabahn aufgestellt. Die vorhandene 10- und 2-kV-Schaltanlage wird im Anbau des Kesselhauses neu erstellt, wodurch Platz für den neuen Kommandoraum geschaffen wird. Das Maschinenhaus erhält eine neue Krananlage und einen Anbau gegen die Bergseite für Werkstätten und Büros; ferner wird das baufällige Gebäude der alten Dampfturbinenanlage umgebaut und eine Montagehalle für die 50 000-Volt-Transformatoren erstellt. Erforderlich ist eine Gesamtrenovation des ganzen Gebäudes inklusive neuer Bedachung.

Die neuen Maschinen der Zentrale Sand

Die bestehenden drei 250-PS-Gruppen, die seit über 40 Jahren zur Ausnützung der Rabiusa-Wasserkraft dienten, sollen durch eine einzige neue Gruppe von 860 PS ersetzt werden. Damit wird eine Leistungssteigerung von 37 % erzielt, und die Jahreserzeugung aus dem Rabiusafluss steigt von 2,7 auf 3,7 Millionen kWh, wovon 2,2 Mio kWh im Sommer und 1,5 Mio kWh im Winter.

Der Plessurausbau umfasst zwei Francisturbinen mit senkrechter Welle. Sie leisten je 6000 PS bei einer Wassermenge von je 3,38 m^3/sec und einem Bruttogefälle von 161,5 m. Die Energieerzeugung beträgt im Sommer 29,8 Mio kWh, im Winter 14,5 Mio kWh, total 44,3 Mio kWh.

Schaltanlage

Die Schaltanlage besteht aus drei Hauptteilen. Eine Hochspannungsschaltanlage mit Schaltzellen und Sammelschienen für 10 000 und 2000 Volt mit Trennschaltern. Die Gesamtanlage erhält zehn 10000-Volt-Felder und acht 2000-Volt-Felder. Jedes abgehende und ankommende Feld ist mit einem Leistungsschalter mit Fernantrieb versehen, der vom Kommandoraum aus gesteuert wird. Der Kommandoraum als zweiter Hauptteil dient der Betriebsüberwachung und liegt derart neben dem Maschinensaal, dass eine Sicht auf alle drei Gruppen möglich ist. Im Kommandoraum befindet sich das Kommandopult und die Leitungsschaltfelder. Der dritte Hauptteil besteht aus der 50 000-Volt-Schaltanlage, die im Transformatorenraum aufgestellt wird und drei Leitungsfelder enthält. Zwei Leitungsfelder dienen für die abgehenden 50 000-Volt-Leitungen nach der Zentrale Lüen und nach der Schaltstation des Albulawerkes der Stadt Zürich, mit dem die Verbindung

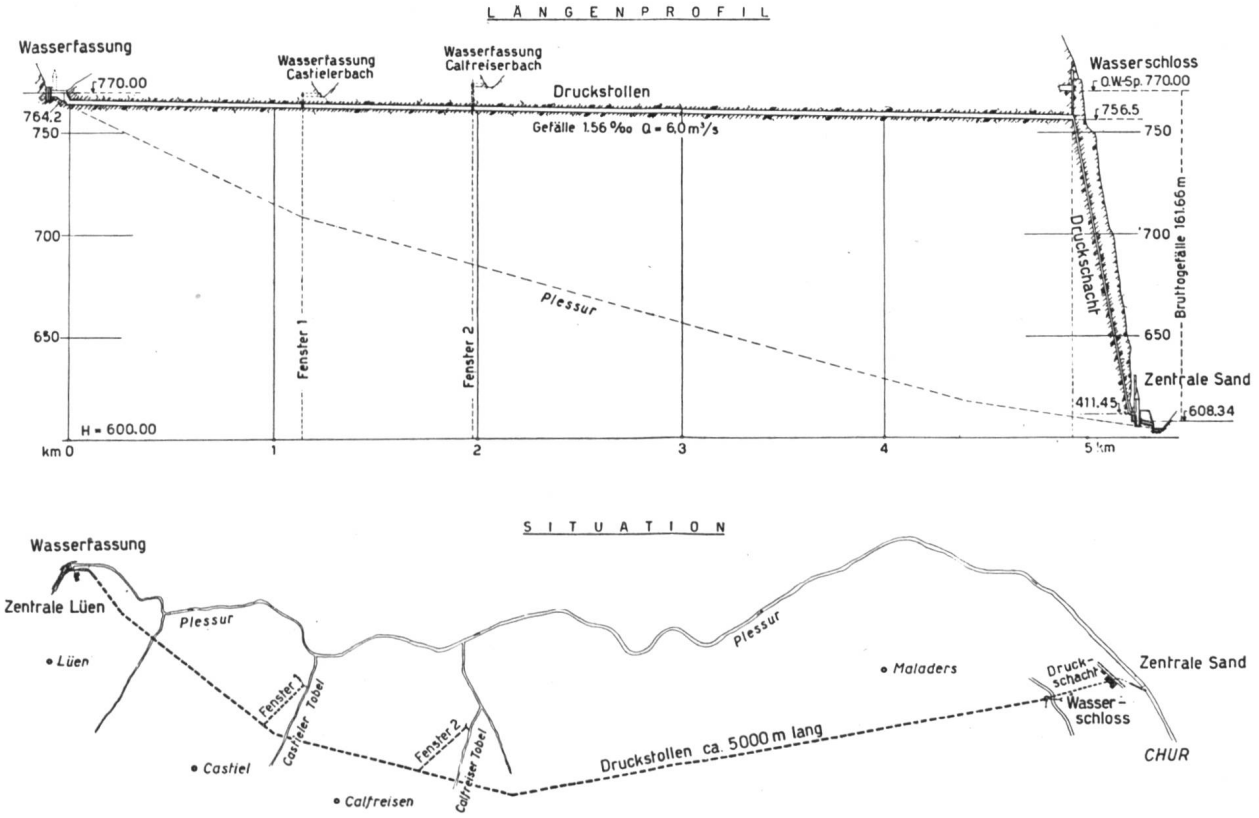

Abb. 5 Längenprofil und Situation.

somit beibehalten wird. Ein Leitungsfeld erhält einen Reguliertransformator, damit die Spannungen weitgehend an Lüen und Albula angepasst werden können. Eine kleine Eigenbedarfsanlage besteht aus Schalter, Transformator und Umformergruppe für Gleichstrom zum Laden der Akkumulatorenbatterie. Die Akkumulatorenbatterie hat 220 Volt und ist für 210 Ampèrestunden gebaut.

Umbau der 10 000-Volt-Uebertragungsleitungen

Notwendig wird ein Umbau der Uebertragungsleitungen von Lüen nach Chur und von der Zentrale Sand nach der Schaltstation Albula. Seit Jahren bestehen zwischen der Zentrale Lüen und der Zentrale Sand zwei Hochspannungs-Uebertragungsleitungen für 10 000 Volt bei 50 mm² Kupferquerschnitt. Eine dieser Leitungen soll auf 50 000 Volt umgebaut werden. Technisch ist der Umbau der Leitung Sand nach Schaltstation Albula aus den gleichen Gründen notwendig wie bei Lüen-Chur. Darum soll auch hier zur Spannung von 50 000 Volt übergegangen werden.

Kosten

1. Ausbau der dritten Stufe der Plessur mit Wehr, Stollen, Wasserschloss und elektr. Anlagen	6 451 300 Fr.
2. Umbau der Zentrale Sand des Rabiusawerkes mit maschinellen und elektrischen Anlagen	689 200 »
3. Umbau der Leitung Lüen-Chur auf 50 000 Volt	701 000 »
4. Leitungsumbau Sand-Albula auf 50 000 Volt	368 200 »
5. Unvorhergesehenes	290 300 »
Totalkosten für den Ausbau	8 500 000 Fr.

Der Kostenvoranschlag ist so aufgestellt, dass für den vorgesehenen Ausbau keine Ueberraschungen zu erwarten sind. Wenn Zement und Eisen zur Verfügung stehen, können die Bauarbeiten in 20 Monaten durchgeführt werden. Die Konzessionen wurden von den Gemeinden erteilt. Die Konzessionen für die Werkstufe 1, welche die Gemeinden von Arosa bis Molinis betreffen, berühren den Ausbau der Stufe 3 nicht, doch werden auch hier die Verhandlungen aufgenommen.

Die Wirtschaftlichkeit des neuen Plessurwerkes

Die Jahreskosten zur Ermittlung des durchschnittlichen Energiepreises setzen sich aus folgenden Posten zusammen: Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals während der Konzessionsdauer, Einlagen in den Erneuerungsfonds, Unterhalt und Reparaturen, Löhne und Gehälter, Betriebsmaterialien und Wasserzinsen. Die Gestehungskosten pro kWh ergeben bei Einsetzung der ganzen Jahresproduktion von 47,8 Mio kWh 0,95 Rp./kWh und 1,39 Rp./kWh bei $^2/_3$ Absatz der Jahresproduktion. Da es sich um ein Laufwerk handelt, sind die Gestehungskosten natürlich geringer als bei einem Speicherwerk mit Stausee für Winterenergie. Beim Plessurwerk wird im Sommer mehr Energie als im Winter erzeugt. Zieht man aber die genannten Gestehungspreise unter Berücksichtigung der heutigen Teuerung in Betracht, so müssen sie als sehr günstig bezeichnet werden. Besonders günstig ist die Verwendung der bestehenden Zentrale Sand für die Rabiusamaschine und die zwei Plessurmaschinen. Der Bau des Plessurwerkes der Stufe drei ist für das Elektrizitätswerk der Stadt Chur eine unbedingte Notwendigkeit, wenn die Stadt Chur ihre Unabhängigkeit in der Elektrizitätsversorgung wahren will. Das neue Werk wird der Stadt Chur bedeutende Beträge abwerfen und zu einem Eckpfeiler der Wirtschaftskapazität der Kantonshauptstadt werden, denn die Elektrizität ist heutzutage «das tägliche Brot der Wirtschaft». *H. K.*

In der Gemeindeabstimmung vom 17. Juni 1945 haben die Stimmberechtigten der Stadt Chur den Kredit von 8,5 Mio Fr. bewilligt.

Die wirtschaftliche und politische Bedeutung der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft

Aus der Ansprache von Bundesrat *Celio* am Jubiläumsbankett des VSE vom 1. Sept. 1945 im Kongressgebäude Zürich

Der Ausbau der schweizerischen Wasserkräfte hat eine bedeutende Entwicklung genommen. Die gesamte Energieerzeugung wird dieses Jahr schätzungsweise 9,5 Milliarden kWh erreichen, d. h. dreimal die gegen Ende des letzten Weltkrieges festgestellte Produktion. Beinahe die Hälfte der als ausbauwürdig betrachteten Wasserkräfte sind dem Lande nutzbar gemacht worden. Man darf daraus schliessen, dass, wenn nicht ganz ausserordentliche Umstände wie der Weltkrieg eine ebenso ausserordentliche Wirtschaftskrise geschaffen hätten, der Ausbau der schweizerischen Wasserkräfte nicht nur befriedigend, sondern sogar als erfreulich bezeichnet werden könnte. Den Unternehmungen ist die öffentliche Anerkennung dafür auszusprechen, dass sie vor dem Kriege den Bau grösster Kraftwerke beschlossen und ihn während des Krieges durchgeführt haben.

Trotzdem genügt unsere Produktion heute nicht. So bedeutend ihre Zunahme ist, so bleibt sie doch hinter der durch die Krise in der Brennstoffversorgung