

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 65 (1947)
Heft: 35: Zur 60. Generalversammlung des S.I.A. am 30./31. August 1947 in Davos

Artikel: Ausbau der Plessurwasserkräfte durch die Stadt Chur
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-55936>

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: 22.02.2026

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

Ausbau der Plessurwasserkräfte durch die Stadt Chur

DK 621.311 21 (494.261.1)

1. Einleitung

Die Stadt Chur baute zur Deckung ihres Bedarfes an elektrischer Energie in den Jahren 1945 bis 1947 die unterste der drei an der Plessur zwischen Arosa und Chur vorgesehenen Gefällstufen aus, nachdem die mittlere Stufe (Molinis-Lüen) bereits seit dem Jahre 1914 ausgenützt wird. Am 12. Juli 1947 konnte die erste der beiden neuen Plessur-Turbinen in der Zentrale Sand dem normalen Betrieb übergeben werden. Damit ist der Zeitpunkt für eine zusammenfassende Beschreibung dieses Werkes im Rahmen des vorgesehenen Gesamtausbau gekommen. Wir stützen uns dabei auf die Besichtigung des Werkes, die Besprechungen mit dem Vorsteher der industriellen Unternehmungen, Direktor R. Gasser, den von ihm abgefassten Bericht zum Kreditbegehren vom 7. Mai 1945, seine Jubiläumsschrift «50 Jahre Elektrizitätswerk Chur» und seine Werkbeschreibung anlässlich der Betriebseröffnung in den Churer Tagesblättern vom Juli 1947.

2. Zur Geschichte der Elektrizitätswerke der Stadt Chur

Das eigentliche Geburtsdatum des Churer Elektrizitätswerkes ist der 14. Februar 1892. Damals bewilligte die Stadtgemeinde durch Abstimmung einen Kredit von 200 000 Fr. zum Ausbau der bestehenden Turbinenanlage der im Jahre 1886 abgebrannten Spinnerei Meiersboden zu einem Kraftwerk für die Erzeugung von Wechselstrom, nachdem die Liegenschaft bereits im Jahre vorher von der Stadt Chur zu diesem Zweck angekauft worden war.

Die Spinnerei verfügte über zwei Aktionsturbinen mit innerer partieller Beaufschlagung und horizontaler Welle, von denen jede bei 56,5 m Nettogefälle und 0,78 m³/s Wassermenge 400 PS Nutzleistung abgeben konnte. Das Wasser wurde der Rabiusa unweit ihrer Einmündung in die Plessur entnommen. Die mittlere Wasserführung reichte für eine Energieerzeugung von 350 PS; es konnte demnach jeweils nur mit einer Turbine gearbeitet werden, während die andere als Reserve diente.

Der Ausbau, über den am 14. Februar 1892 abgestimmt wurde, sah vorerst die Aufstellung von drei Wechselstrom-Generatoren für 2000 V und je 100 PS Aufnahmleistung vor, die von den tiefliegenden Turbinenwellen mit Riemen angetrieben werden sollten. Später folgte eine vierte Maschine von 175 PS. Der ganze elektrische Teil wurde der Maschinenfabrik Oerlikon in Auftrag gegeben. Bereits sechs Monate nach der Abstimmung, am 29. August 1892, konnte erstmals Lichtstrom nach Chur abgegeben werden.

Mit dieser Zentrale wurde Chur zu einer der ersten Schweizerstädte mit eigenem Elektrizitätswerk. Die Stadt verfolgte seither mit Umsicht und Beharrlichkeit den Grundsatz der Selbständigkeit in der Energieversorgung, und die bisherige Entwicklung hat gezeigt, dass diese Zielsetzung gut war und die für den Kraftwerkbau aufgewendeten Gelder eine sehr gute Rendite brachten.

Die Zentrale Meiersboden erhielt im Jahre 1894 eine neue Turbine von 400 PS, die von der Churer Maschinenfabrik J. Willi Sohn gebaut worden war und bereits 78,2 % höchsten Wirkungsgrad erreichte. Im Jahre 1901 wurde zur Deckung des stets steigenden Bedarfs eine komplette Dampfturbinenanlage von Brown-Boveri & Cie. in Baden von 300 PS als zweite Anlage dieser Art in der Schweiz aufgestellt. Die Idee des thermischen Ergänzungskraftwerkes ist also schon damals verwirklicht worden. Diese Anlage wurde in einem neuen Gebäude untergebracht, das im Sand an der Plessur, 1 km südöstlich Chur, an der Stelle erstellt wurde, an der später die Zentrale für ein neues Rabiusa-Plessurwerk errichtet werden sollte.

Die Ausbaumöglichkeiten des Werkes in Meiersboden waren erschöpft. Zur Befriedigung der zu erwartenden weiteren Bedarfsteigerung musste die Ausnützung weiterer Wasserkräfte in möglichster Stadtnähe ins Auge gefasst werden. Unter den verschiedenen Projekten, die hierfür in Frage kamen, fand schliesslich in der Abstimmung vom 9. Juli 1905 das Rabiusawerk die Zustimmung der Gemeinde. Das Projekt sah eine wesentliche Erweiterung der bestehenden Wasserfassung an der Rabiusa mit höherem Stau und grösserem Inhalt des Ausgleichweiher vor, ferner eine neue Zuführung des Wassers durch eine schmiedeiserne Rohrleitung von 800 mm l. W. und 6 bis 10 mm Wandstärke, die z. T. in

Stollen zu verlegen war. Das Maschinenhaus war im «Sand» vorgesehen; es sollte einerseits drei hydroelektrische Einheiten, die mit Rabiusawasser betrieben werden, erhalten und andererseits, in einem späteren Ausbau, zwei weitere Einheiten bekommen, deren Wasser in einer neu zu erstellenden Anlage der Plessur bei der Mündung des Steinbachtobel entnommen werden sollte. Die von Escher Wyss & Cie., Zürich, gelieferten Rabiusa-Turbinen leisteten bei 83,1 m Nettogefälle und 375 U/min je 250 PS; es waren Peltonturbinen mit je zwei Strahldüsen; die gemeinsame Druckölalage für die Lagerschmierung und die Regelung wurde von einer vierten Turbine aus angetrieben. Den elektrischen Teil lieferte wiederum die Maschinenfabrik Oerlikon. Das Werk konnte im ersten Ausbau am 6. Dezember 1906 dem Betrieb übergeben werden. Die Anlagen in Meiersboden wurden aufgehoben.

Nach wenigen Jahren zeigte sich, dass die vorgesehene Ergänzung mit Wasserzuleitung von der Plessur her einen allzugeringen Leistungszuwachs bringen würde. Zudem hatte sich die Stadt Chur inzwischen zur Lieferung elektrischer Energie an die Chur-Arosa-Bahn verpflichtet, wodurch sie sich die Konzession für die Nutzbarmachung der Plessur von Molinis bis zum Glasaurertobel erwarb. Man griff nun auf ein früheres Projekt eines Plessurwerkes von Ing. Wildberger, Chur, zurück und beauftragte Ing. L. Kürsteiner, Zürich, mit der Ausarbeitung eines erweiterten baureifen Projektes eines Plessurkraftwerkes.

L. Kürsteiner schlug die Ausnützung des Gefälles von 220 m zwischen Molinis und Lüen durch zwei Drehstromgruppen von je 1500 PS vor, während für die Versorgung der Chur-Arosa-Bahn eine Gleichstromgruppe von 750 PS aufgestellt werden sollte. Das Werk, das hier ausführlich beschrieben worden ist¹⁾, nahm am 27. November 1914, knapp zwei Jahre nach Kreditgewährung durch die Stadtgemeinde (12. Januar 1913), den regelmässigen Betrieb auf.

In den Jahren 1927 bis 1930 ist das Werk Molinis-Lüen durch Ergänzen der Wehranlage, die eine Gefällserhöhung und einen vergrösserten Stauraum von insgesamt 25 bis 30 000 m³ ergab, ferner durch Verlegen einer zweiten Druckleitung und Aufstellen einer weiteren Drehstromgruppe von 3000 PS voll ausgebaut worden.

Bild 1 zeigt die Entwicklung der Energieerzeugung in den Zentralen Sand und Lüen, sowie die des Fremdstrombezuges während der Jahre 1935 bis 1946. Schon im Jahre 1913, als die eigenen Werke den Bedarf nicht mehr decken konnten, wurde mit der Stadt Zürich ein Energielieferungsvertrag abgeschlossen; der Anschluss an das Albulawerk kam am 28. September 1913 in Betrieb. Nach der Erstellung des Werkes Molinis-Lüen fand dann ein Energieaustausch mit der Stadt Zürich in der Weise statt, dass hauptsächlich im Sommer fast alle nicht selber benötigte Energie dorthin abgegeben werden konnte, während das Albulawerk im Winter Energie an die Stadt Chur lieferte. Die Beziehe sind in den letzten Jahren namentlich im Winter sehr gross geworden, indem die eigenen Werke infolge der starken Bedarfsteigerung nur noch die Grundlast (über Nacht) knapp zu decken vermochten.

Die finanzielle Entwicklung des Churer Elektrizitätswerkes ist sehr erfreulich. Die Einnahmenüberschüsse, die jährlich an die Stadtkasse abgeliefert werden konnten, bewegten sich in den letzten 22 Jahren bei durchaus normalen Stromtarif zwischen 400 000 und 550 000 Fr. Hieraus erkennt man, wie richtig es war, die Angebote für Energieankauf aus fremden Werken nicht zu berücksichtigen, sondern eigene Werke zu erstellen und zu betreiben. Dementsprechend sind auch mit der Zunahme des Energiebedarfs Studien für die Ausnützung weiterer Wasserkräfte durchgeführt worden.

3. Das neue Projekt der Plessurkraftwerke

Für den weiteren Ausbau der Wasserkräfte der Plessur, mit deren Studium sich auf Antrag des Stadtpräsidenten die industriellen Betriebe der Stadt Chur seit Ende 1942 befassten, waren folgende Gesichtspunkte massgebend: Die Anlage Molinis-Lüen soll im heutigen Zustand bestehen bleiben, ebenso das Rabiusawerk. Der finanzielle Ertrag soll mit der Vergrösserung der Produktion in angemessenem Verhältnis zunehmen. Das Studium führte zu einer generellen Planung für den ganzen Flusslauf der Plessur, wobei sich mit Rücksicht auf

¹⁾ SBZ Bd. 69, S. 4*, 13*, 35* (Januar 1917).

das bestehende Werk Molinis-Lüen eine Unterteilung in drei Gefällsstufen ohne weiteres aufdrängte. Besonders vorteilhaft ist der Umstand, dass an der Fassungsstelle der obersten Stufe ein Staumauer von 15 bis 20 Mio m³ Inhalt erstellt werden kann, der einen Saisonausgleich ermöglicht.

Die obere Stufe soll das Gefälle von 613 m von Isla bis Molinis ausnützen und wird außer der Staumauer die Erstellung eines rd. 5 km langen Druckstollens, einer Druckleitung und einer Zentrale bei Molinis mit einer Gesamtleistung von 23000 PS erfordern. Von dort wird das Wasser in einem Unterwasserkanal nach der bestehenden Stauanlage Molinis geleitet. Es lässt sich leider infolge der örtlichen Gegebenheiten nicht vermeiden, dass auf dieser Strecke rd. 80 m Gefälle verloren gehen (Bilder 2 und 3).

Der Staumauer Isla wird bei minimaler Wasserführung durch Einleiten des Sapün- und Fondeibaches mit Freispiegelstollen jeweilen bis spätestens Mitte Juni aufgefüllt sein, während mit seiner Absenkung nicht vor Ende Dezember begonnen werden soll. Der Kurort Arosa erhält so einen schönen, in der Sommersaison voll gefüllten Bergsee; die dortigen Gemeindebehörden stehen denn auch dem Staumauerprojekt sympathisch gegenüber. Es sind weder Umsiedlungen vorzunehmen, noch geht Kulturland verloren. Der Hauptteil des Geländes gehört bereits der Stadt Chur. Nach den bisherigen Untersuchungen ist das Seegebiet dicht. An der Sperrstelle wird gegenwärtig der Baugrund näher geprüft. Durch Sondierbohrungen sollen die Verhältnisse soweit abgeklärt werden, dass ausführungsreife Pläne erstellt werden können; man hofft in zwei bis drei Jahren mit dem Bau beginnen zu können.

Die mittlere Gefällsstufe von 220 m nützt seit Ende 1914, wie bereits mitgeteilt, das bestehende Werk Molinis-Lüen aus. Die untere Stufe von Lüen bis Sand mit 162 m Gefälle ist jetzt fertig erstellt und soll nachfolgend näher beschrieben werden.

Tabelle 1. Mögliche Energieerzeugung bei Vollausbau aller drei Stufen mit dem Staumauer Isla

Werk-stufe	Gefälle		Maschinen-Leistung PS	Erzeugbare Energie		
	Brutto m	Netto m		Sommer Mio kWh	Winter Mio kWh	Jahr Mio kWh
I	603	587	23 000	68,0	59,0	127,0
II	220	208	6 750	19,8	19,0	38,8
III	162	154	12 000	29,8	18,0	47,8
Rabiusa	98	85	860	2,2	1,5	3,7
Total			42 610	119,8	97,5	217,3

Tabelle 2. Mögliche Energieerzeugung der heutigen Anlagen (ohne den Staumauer Isla)

Werk-stufe	Gefälle		Maschinen-Leistung PS	Erzeugbare Energie		
	Brutto m	Netto m		Sommer Mio kWh	Winter Mio kWh	Jahr Mio kWh
Molinis-Lüen	220	208	6 750	19,8	15,4	35,2
Lüen-Sand	162	154	12 000	29,8	14,5	44,3
Rabiusa	98	85	860	2,2	1,5	3,7
Total			19 610	51,8	31,4	83,2

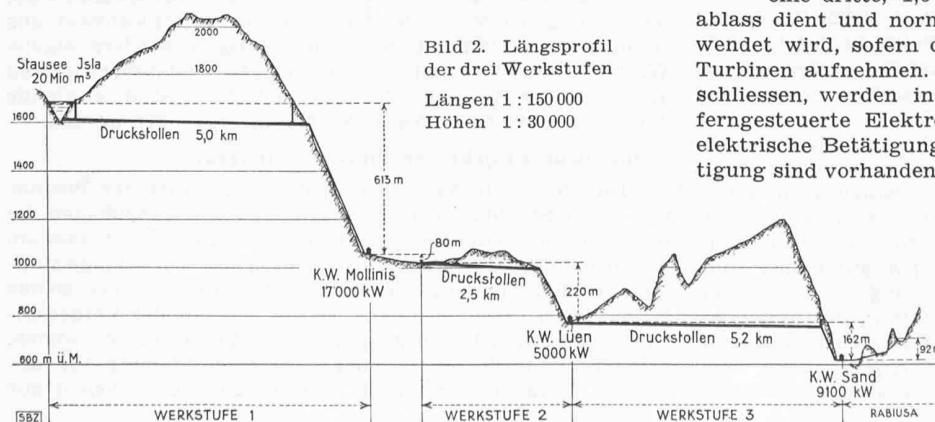
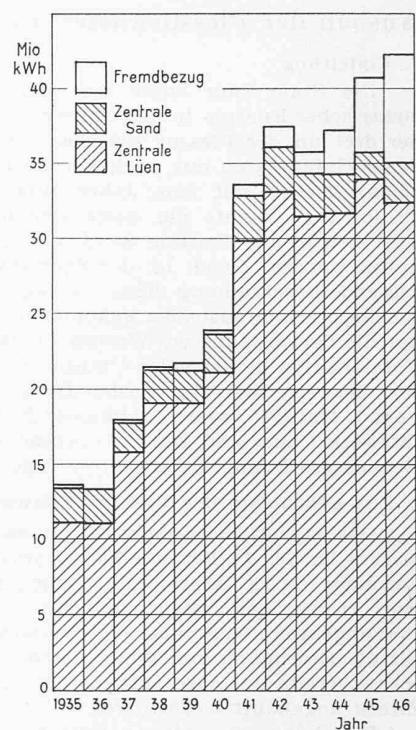


Bild 2. Längsprofil der drei Werkstufen
Längen 1 : 150 000
Höhen 1 : 30 000

Bild 1. Entwicklung der Energie-Erzeugung und des Fremdstrombezuges für die Elektrizitätsversorgung der Stadt Chur



Bei vollem Ausbau aller drei Stufen ergibt sich bei mittlerer Wasserführung die auf Tabelle 1 zusammengestellte mögliche Energie-Produktion. Danach beträgt die mittlere Erzeugungsfähigkeit in den sechs Wintermonaten dank dem Staumauer Isla 45 % der mittleren Jahreserzeugung. Beim Ausbau der beiden unteren Stufen ohne den Staumauer Isla, also beim heutigen Zustand, erhält man die Zahlen der Tabelle 2. Die mittlere mögliche Jahresproduktion in den eigenen Anlagen liegt somit um 46,4 Mio kWh höher als die grösste bisher erreichte Erzeugung, die im Jahre 1945 36,8 Mio kWh erreichte. Damit dürfte es in den nächsten Jahren möglich sein, den Energiebedarf der Stadt Chur auch im Winter ohne Fremdstrom zu decken, während im Sommer beträchtliche Energiemengen dem Netz der Stadt Zürich und anderswohin zugeführt werden sollen.

4. Die wasserbautechnischen Anlagen der Stufe Lüen-Sand

Das neue Kraftwerk Lüen-Sand ist für eine Wassermenge von 6,0 m³/s ausgebaut, die während 140 bis 150 Tagen im Jahr zur Verfügung steht. Zu der auf Bild 4 dargestellten Wasserführung der Plessur bei Molinis kommen für die Werkstufe III folgende minimale Wassermengen hinzu: Direkte Zuleitung des Glasaurerbaches in den Stollen Molinis-Lüen 50 l/s, Zuflüsse in die Plessur zwischen Molinis und Lüen 250 l/s. Hieraus ergibt sich für die Werkstufe III eine minimale Wassermenge von rd. 1600 l/s. Vom Dezember bis März reicht der Zufluss nur für den Betrieb einer der beiden Turbinengruppen und zwar mit einer auf etwa $\frac{3}{4}$ Last reduzierten Leistung aus. Alsdann sollen an der andern Gruppe die nötigen Revisionen und Unterhaltarbeiten durchgeführt werden. Nach erfolgtem Vollausbau mit dem Staumauer Isla ergeben sich naturgemäß auch in den unteren Stufen entsprechend grössere Winterproduktionen.

a) Die Wasserfassung, Bilder 5 bis 7

Die Wehrstelle befindet sich unmittelbar unterhalb der bestehenden Zentrale Lüen. Das Wehr weist zwei Hauptöffnungen von 5,5 m Breite und am rechten Ufer eine dritte, 1,6 m breite Öffnung auf, die als Grundablass dient und normalerweise zum Regeln des Niveaus verwendet wird, sofern die Plessur mehr Wasser führt, als die Turbinen aufnehmen. Die Schützen, die die Öffnungen abschliessen, werden in der Regel durch von der Zentrale aus ferngesteuerte Elektromotoren betätigt; Vorrichtungen für elektrische Betätigung an der Wehrstelle und für Handbetätigung sind vorhanden. Die maximale Stauhöhe liegt auf Kote 770,00; der Aufstau beträgt 4,0 m. Der Ausgleichweiher mit rd. 30 000 m³ Inhalt dient hauptsächlich im Winter zum Ausgleichen von Belastungsspitzen. Die Wehranlage ist so gebaut, dass bei Wasserzuflüssen über 10 m³/s Flössholz durchgebracht werden kann. Dies ist im Sommer während zwei bis drei Monaten der Fall. Für die Forstwirtschaft des Schanfigg ist diese

770,00; der Aufstau beträgt 4,0 m. Der Ausgleichweiher mit rd. 30 000 m³ Inhalt dient hauptsächlich im Winter zum Ausgleichen von Belastungsspitzen. Die Wehranlage ist so gebaut, dass bei Wasserzuflüssen über 10 m³/s Flössholz durchgebracht werden kann. Dies ist im Sommer während zwei bis drei Monaten der Fall. Für die Forstwirtschaft des Schanfigg ist diese

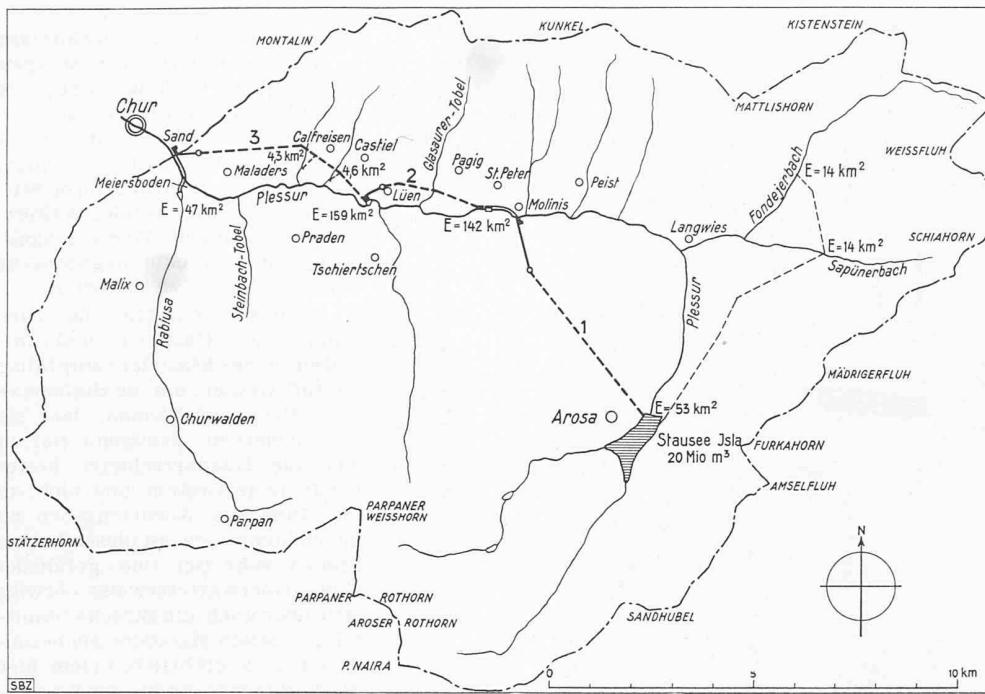


Bild 3. Uebersichtsplan des Einzugsgebietes der drei Werkstufen. — 1:180 000

Möglichkeit von einer gewissen Bedeutung. Der Wasserstand wird mit einem Schwimmer und einer elektrischen Fernmeldeanlage in der Zentrale Sand angezeigt und registriert. Bei geringen Zuflüssen muss dort die Turbinenbelastung dem verfügbaren Wasser durch Nachregulieren von Hand angepasst werden. Bei grösserer Wasserführung regelt der Schwimmer die Schütze des Grundablasses selbsttätig auf die konstante Kote 770,00. Dabei wirkt die Steuerung auf die untere der beiden Schützentafeln, so dass der Kanal zum Grundablass ausgespült und der Einlauf zum Oberwasserkanal reingehalten wird.

Alle vier Wehrpfeiler stehen auf Fels. Der Bau bot keine besonderen Schwierigkeiten. Bei der Anordnung und der konstruktiven Ausbildung des Grundablasses wurde sorgfältig darauf geachtet, dass Geschiebeablagerungen vor dem Einlauf zum Oberwasserkanal mit einem Minimum von Wasser weggespült werden können. Dementsprechend liegt der Grundablass wesentlich tiefer als der Einlauf. Bei genügender Wasserführung kann das im Ausgleichweiher abgesetzte Geschiebe ebenfalls durch den Grundablass entfernt werden.

Besondere Vorkehrungen sind getroffen, um die volle Regulier- und Betätigungs-fähigkeit aller Schützen auch bei starker

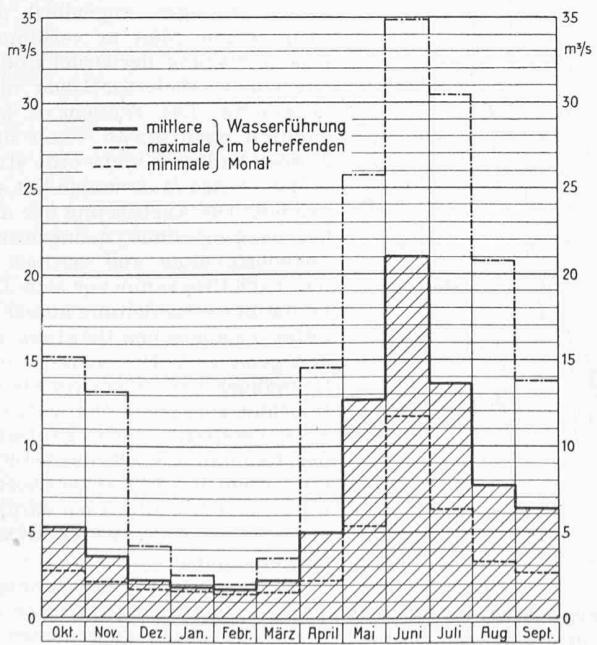


Bild 4. Natürliche Wasserführung der Plessur bei Molinis

Vereisungsgefahr im Winter zu sichern. Dazu sind sämtliche Schützen der Wehr- und Kläranlage sowie die zugehörigen Führungen mit elektrischen Heizungen ausgerüstet.

Das Wehr vermag bei voller Oeffnung ein grösstes Katastrophen-Hochwasser von 150 m³/s durchzulassen. In den 30 Jahren seit Bestehen des Werkes Lüen betrug die absolut grösste Wasserführung der Plessur an dieser Stelle 46,8 m³ pros. Es besteht also eine reichliche Reserve an Durchflussöffnungen auch für den Fall, dass bei Hochwasser eine Hauptöffnung durch Damm balken verschlossen sein sollte.

Der Einlauf zum Oberwasserkanal und die Einführung des Unterwasserkanals der Zentrale Lüen sind strömungstechnisch sehr sorgfältig durchgebildet worden, weil eine schön ausgeglichene Strömung für die Wirksamkeit der Kläranlage von grossem Einfluss ist.

b) Die Kläranlage, Bilder 5 und 8

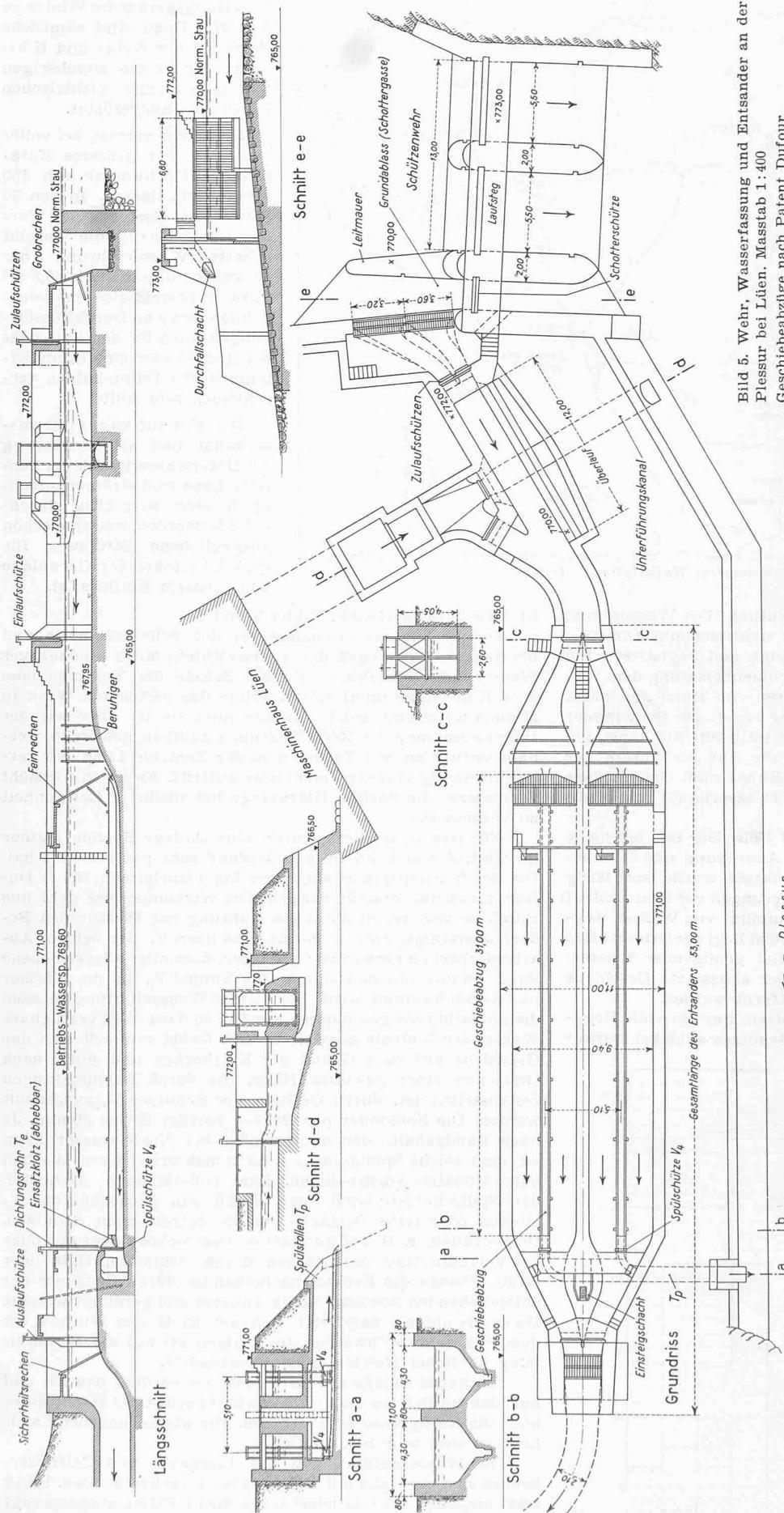
Da die Plessur besonders bei der Schneeschmelze und bei Regenwetter wegen den vielen «Rüfen» stark sandhaltiges Wasser mit sich führt, ist zum Schutz der Turbinen eine gute Kläranlage unerlässlich. Schon das bestehende Werk in Molinis weist eine solche Anlage auf; sie ist aber seit der Inbetriebsetzung der 3000 PS-Gruppe zu klein geworden, weshalb seither an den Turbinen in der Zentrale Lüen ein verhältnismässig starker Verschleiss auftritt. Es ist in Aussicht genommen, die dortige Kläranlage bei nächster Gelegenheit zu verbessern.

Für das neue Werk wurde eine Anlage System Dufour gewählt, das sich im In- und Ausland sehr gut bewährt hat. Die Ausführungspläne sind vom Ingenieurbureau Henri Dufour, Lausanne, erstellt worden. Die Wirkungsweise geht aus Bild 5 hervor. Wenn die Wasserführung der Plessur den Bedarf übersteigt, stehen die Spülschützten V_4 der beiden Abscheiderbecken gerade so weit offen, dass aller abgeschiedene Sand ununterbrochen durch den Tunnel T_p in die Plessur hinausgeschwemmt wird. Bei kleiner Wasserführung müssen die Spülschützten geschlossen werden, so dass alles verfügbare Wasser der Zentrale zugeleitet wird. Dabei sammelt sich das Geschiebe auf dem Grund der Klärbecken und muss nach Erreichen einer gewissen Höhe, die durch Sondierstangen festzustellen ist, durch Öffnen der Schützen V_4 ausgespült werden. Die Spülzeit pro Becken beträgt 20 bis 30 min. Je nach Sandgehalt, der naturgemäß bei Niederwasser klein ist, sind solche Spülungen erst nach mehreren Tagen, Wochen oder Monaten vorzunehmen. Zum vollständigen Abdichten der Spülschützten wirft man durch das Dichtungsrohr T_e Humus oder feine Schlacke vor die betreffenden Schützen. In Notfällen, z. B. bei zu starker Geschiebeablagerung oder bei Verschmutzen der Becken durch Schlamm, Holz oder Laub, können die Becken nacheinander durch Bedienen der entsprechenden Schützen völlig entleert und gereinigt werden. Diese Reinigung empfiehlt sich am Ende des Winters vor dem Frühjahrshochwasser. Im übrigen sei auf die Beschreibung ähnlicher Einrichtungen verwiesen²⁾.

Die ganze Anlage ist oberirdisch angeordnet worden und hat sich im Betrieb sehr gut bewährt; selbst bei Hochwasser blieb die Korngrösse unter 0,2 mm. Die abgeschiedenen Sandmengen sind sehr beträchtlich.

Die Wasserzuführungen des Castieler- und Calfreiserbaches sind ebenfalls mit Kläranlagen versehen worden. Bild 9 zeigt diejenige des Castielerbaches, die im Felsen ausgesprengt werden musste und deren Spülleitung nach dem tiefer liegenden Stollenfenster führt. Beim Calfreiserbach, Bilder 11 und 12, konnte die Kläranlage am Berghang angebracht werden.

²⁾ SBZ Bd. 126, S. 13* (14. Juli 1945).



Eine Holzabdeckung schützt das Becken gegen Hineinfallen von Fremdkörpern. Beide Anlagen sind für eine Wassermenge von je $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ berechnet.

ermöglichen das Festlegen der wirtschaftlichsten Grösse und Form des Profils. Je nach der Felsbeschaffenheit kamen die drei auf Bild 10 dargestellten Profile zur Ausführung. Typ I

c) Der Druckstollen

Die geologischen Verhältnisse im Gebiet der neuen Werkanlagen hat Prof. Dr. R. Staub, Chef des geologischen Institutes an der E. T. H., zusammen mit seinem Mitarbeiter P. Nanny, Geologe, untersucht. Auf Grund ihrer Studien waren weder bei der Wasserfassung, noch beim Wasserschloss, noch beim Druckleitungsschacht Schwierigkeiten zu erwarten.

Dagegen mussten die Einschnitte des Castieler- und Calfreiserbaches besonders sorgfältig geprüft werden, um die Stollenaxe so festlegen zu können, dass sie mit Sicherheit genügend tief in das aus Bündnerschiefer bestehende feste Gestein und nicht in die Nähe der Abrutschzonen zu liegen kommt, die an diesen beiden Stellen sehr tief und gefährdet sind. Unerwarteterweise erwies sich aber auch die Strecke unmittelbar östlich Maladers als besonders rutschgefährlich, indem hier die Abrutschzonen bis zur Wasserscheide hinauf reichen und mit späteren Erdbewegungen zu rechnen ist, trotzdem das Gelände, rein äusserlich gesehen, als durchaus harmlos angesprochen werden kann.

Weiter war für die Festlegung der Stollenaxe der Umstand massgebend, dass jede Beeinflussung des grossen Castieler-Viaduktes der Chur-Arosa-Bahn vermieden werden musste. Die gerade Linie zwischen Einlauf und Wasserschloss führt gerade unter dem einen Pfeiler dieses Viaduktes durch. Die genannten Umstände veranlassten eine Festsetzung der Stollenaxe mit starker Ausknickung nach Norden, wie aus Bild 3 ersichtlich.

Bei der Bauausführung wurde das Fenster im Calfreisertobel auf Grund der vorgefundenen Verhältnisse und der Empfehlungen der beiden Geologen gegenüber dem Projekt um 158,4 m verlängert. Eine Verlegung der Druckstollenaxe beim Castielertobel war nicht notwendig. Die Stollenaxe kam dadurch noch etwas weiter nach Norden zu liegen und wurde etwas länger. Diese Massnahme hat sich gelohnt: Die Ausführung des Ausbruchs ging ohne nennenswerte Schwierigkeiten und zeitlich genau nach Programm vor sich. Dies verdankt die Bauleitung außer der guten geologischen Beratung und den genauen Vermessungen durch Grundbuch-Geometer Otto Klausner in Chur vor allem der vorzüglichen Installation und Organisation der Bauplätze durch die beteiligten Firmen. Bemerkenswerterweise sind bei all diesen Stollenarbeiten keine ernsteren Unfälle vorgekommen.

Umfangreiche Berechnungen

Bild 5. Wehr, Wasserfassung und Entsander an der Plessur bei Lüen. Maßstab 1:400
Geschiebebezug nach Patent Dufour

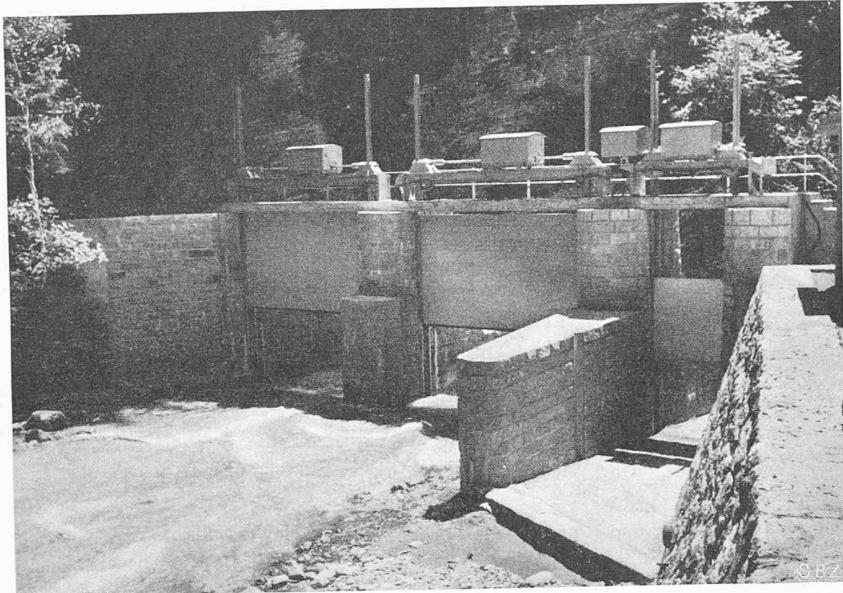


Bild 6. Das Wehr Lüen mit hochgezogenen Schützen

für guten Fels sieht lediglich einen etwa 5 cm dicken Gunitverputz vor, der sich mit der Felsunterlage in einwandfreier Weise verbindet und absolut wassererdicht ist. Typ II für weniger standfeste Felspartien weist eine rd. 21 cm dicke Betonverkleidung auf, die innen einen 5 cm dicken, mit Stahldraht armierten Gunitverputz erhält. In den Druckpartien, wo der Fels Risse aufweist oder nicht standfest ist, wird die Betonverkleidung auf 35 cm verstärkt (Typ III). Die Drainageleitung konnte dank ihrer exzentrischen Lage ohne Versetzen des Rollbahngleises ausgeführt werden, wodurch Zeit und Kosten gespart wurden.

Vom ganzen Stollen von rd. 5200 m Länge sind 68 % mit Profil I, 22 % mit Profil II und nur 10 % mit Profil III erstellt worden, und zwar wurde Profil III nur an den Schnittstellen des Stollens mit dem Castiel- und dem Calfreiserstobel sowie in der kritischen Zone östlich Maladers angewendet.

Am 17. September 1945, genau zwei Monate nach der Abstimmung, erfolgte der erste Sprengschuss. In die Zeit vom 5. Juni bis 15. Dezember 1946 fallen die Durchschläge zwischen den einzelnen Baulos. Am 3. Juli 1947 konnten Stollen und Druckschacht zum ersten Mal mit Wasser gefüllt werden.

Nach den Bestimmungen der Suval mussten zur Verhütung von Lungenerkrankungen durch Steinstaub sämtliche Bohrarbeiten nass ausgeführt werden. Dadurch konnte wohl eine schädliche Staubbildung weitgehend vermieden werden.

Anderseits aber traten infolge der feuchten Luft verschiedene Fälle von Lungenentzündungen auf, so dass die hygienischen Vorteile des nassen Verfahrens fragwürdig erscheinen. Verschiedene Fachleute vertreten die Auffassung, dass trockenes Bohren und Absaugen des Staubes unmittelbar an der Bohrstelle nicht nur technisch, sondern auch hygienisch vorteilhafter wären.

Die Firma Walo Bertschinger verwendete mit Erfolg einen mit Pressluft betriebenen Stollenbagger, der ein sehr rasches Wegräumen des Ausbruchs nach erfolgter Sprengung und damit eine grosse Vortriebgeschwindigkeit ermöglicht. Der Bagger ist nach Abschluss der Arbeiten an Los 2 auch an anderen Baustellen eingesetzt worden³⁾.

d) Wasserschloss und Druckschacht, Bilder 13 u. 14

Das Wasserschloss befindet sich beim Brandacker oberhalb der Strasse Chur-Maladers auf dem Gebiet der Stadt Chur und kam in guten Fels zu liegen. Es ist so berechnet, dass bei plötzlichem Abschalten der beiden 6000 PS-Turbinen in ihm der Wasserspiegel nicht über Kote 776,00 m hinaufsteigt und alsdann noch immer genügend Raum bis zur Wasserschlossdecke frei bleibt. Anderseits sollen bei plötzlichem Anlassen der Maschinen die Spiegelschwankungen in zulässigen Grenzen bleiben. Diese Bedingungen werden durch die auf Bild 13 dargestellte Ausführung erfüllt. Darnach besteht das Wasserschloss aus einer untern etwa 32 m langen horizontalen Kammer K_1 von rund 320 m³ Inhalt und einer oberen rechteckigen Kammer K_2 , die lediglich als Ueberlauf dient; das Wasser kann von dort bei aussergewöhnlich starkem Anstieg durch den Fensterstollen auf Kote 776,00 auslaufen. Bei abgestellten Turbinen, wenn also kein Wasser durch den Stollen fliest, ist Kammer K_1 ganz gefüllt, weil ihr Scheitel gleich wie die Ueberfallkrone des Wehrs liegt (Kote 770,00). Es steht alsdann für ein rasches Belasen der Turbinen der ganze Kammerinhalt zur Verfügung. Bei voller Belastung beider Turbinen steht Kammer K_1 fast leer, indem der Druckhöhenverlust im Stollen ungefähr gleich der Kammerhöhe (3,5 m) ist. Bei einer plötzlichen Entlastung der Turbinen füllt sich zunächst Kammer K_1 , wodurch bereits ein grosser Teil der kinetischen Energie des im Stollen strömenden Wassers durch Reibung aufgezehrt wird und der weitere Anstieg über die Kote der Wehrkrone hinaus nur noch geringfügig



Bild 8. Entsander, System Dufour, hinten das Wehr, rechts die Plesur

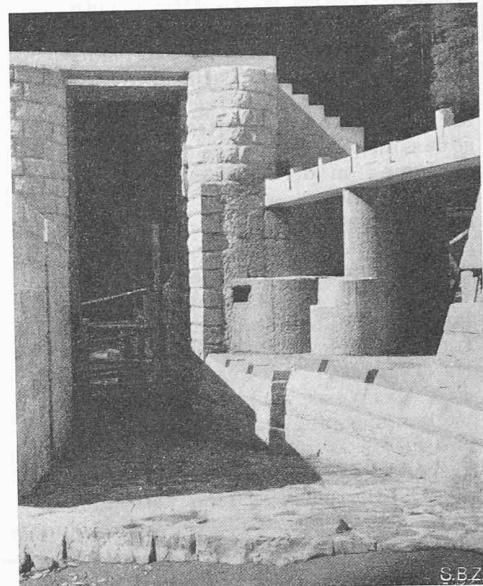


Bild 7. Grundablass und Einlauf im Rohbau

³⁾ Beschreibung mit Bild siehe SBZ Bd. 127, S. 268* (25. Mai 1946).

ausfällt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Turbinen mit empfindlichen Druckreglern ausgerüstet sind, die bei einigemassen schroffen Entlastungen vorübergehend Druckwasser in den Ablauf übertreten lassen, so dass die Verzögerungen der Wasserbewegung in der Druckleitung, die dort Drucksteigerungen bewirken, klein bleiben. Bei den bisher durchgeföhrten Vollastabschaltungen mit einer Turbine stieg das Niveau nur mässig und es ist vorauszusehen, dass bei Vollastabschaltung beider Turbinen sich das Wasserschloss in der erwarteten Weise verhalten wird.

An das Wasserschloss ist die Apparatekammer angebaut. Sie enthält eine in die Druckleitung eingebaute Absperklappe («Drosselklappe» genannt), die sich um eine vertikale Achse dreht und über ein mechanisches Getriebe von einem Elektromotor betätigt wird. Normalerweise wird dieser Motor vom Kommandoposten in der Zentrale Sand aus ferngesteuert. Ausserdem besteht eine Notsteuerung durch einen Schwimmerschalter, der bei Absinken des Wasserspiegels im Wasserschloss anspricht und die Klappe bei zu tiefem Spiegel sofort schliesst. Hierdurch sollen Ueberschwemmungen bei Brüchen von Druckleitungsteilen in der Zentrale vermieden werden.

Wasserschloss und Apparatekammer sind mit Blech ausgekleidet, wobei der Zwischenraum zwischen Felsausbruch und Blech mit Beton ausgefüllt wurde.

Der Druckschacht, der von der Apparatekammer im Wasserschloss nach der Zentrale führt, besteht aus Stahlblechrohren von 8 bis 12 mm Wandstärke und 1,5 m l. W., die sich aussen auf eine 25 cm starke Auskleidung aus Gussbeton abstützen. Am untern Ende bildet ein massiver Betonstützpunkt den Abschluss; dort schliesst die Verteilleitung (Bild 14) zu den beiden Turbinen an. In die beiden Stränge ist je ein Kugelschieber eingebaut, die sowohl von Hand als auch vom Schaltpult der Zentrale aus über eine elektrische Fernsteuerung mit Drucköl betätigt werden können. Die hier vorgesehene Ausführung des Druckschachtes ergibt gegenüber einer solchen mit einer offenen Druckleitung wesentlich kleinere Bau- und Unterhaltkosten.

Die einzelnen 11 m langen Druckrohre von 5,5 t Gewicht wurden auf der Strasse Chur-Arosa mit Lastwagen zum Stollenfenster des Wasserschlusses transportiert, dort auf Rollschmied verladen und mit diesen auf dem Baugleis durchs Wasserschloss und den Schrägschacht hinunter an die Montagestelle gebracht. Die einzelnen Schüsse wurden dann von innen geschweisst. Die fertige Druckleitung erhielt innen einen Spezialanstrich.

5. Die neue Zentrale Sand

a) Das Gebäude, Bilder 15 bis 18

Als im Jahre 1902 das Rabiusawerk erstellt wurde, baute man, wie bereits erwähnt, das Maschinenhaus vorsorglicherweise so gross, dass neben den Rabiusaturbinen auch die beiden Gruppen des Steinbachprojektes hätten untergebracht werden können. Da dann aber an ihre Stelle das Werk Molinis-Lüen trat, blieb der Raum unbenutzt. Der Maschinensaal ist dadurch von Anfang an so gross ausgeführt worden, dass er nun für die Aufstellung der neuen Plessurturbinen ausreicht. Es war technisch geboten, gleichzeitig auch die alten Aggregate des Rabiusawerkes durch ein einziges zu ersetzen, so dass nun die neue Zentrale zwei grössere und einen kleineren vertikalen Maschinen- satz enthält. Neben diesen Maschinen bleibt im Saal reichlich Raum frei für das Abstellen und Revidieren demontierter Teile. Entsprechend den gröss-

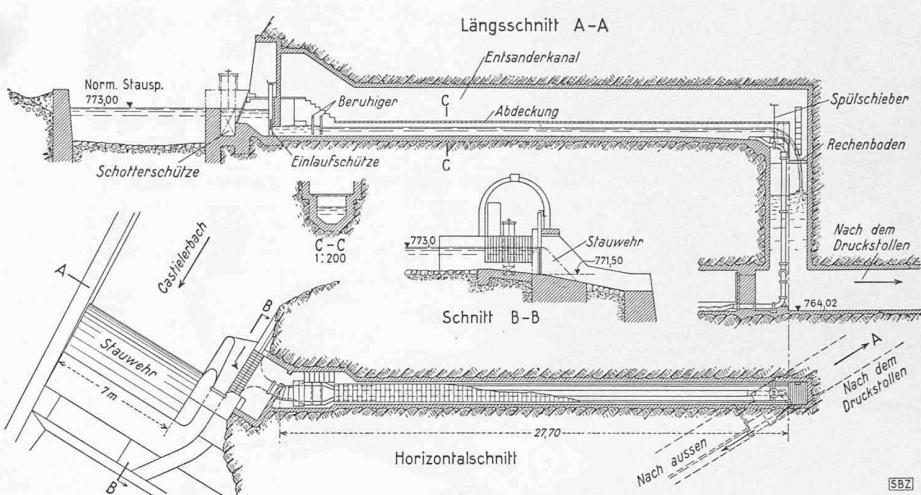


Bild 9. Wehr, Wasserfassung und Kläranlage am Castielerbach. Maßstab 1:400
Entsander nach Patent H. Dufour

eren Gewichten ist ein neuer Laufkran eingebaut worden. Der Saal ist leicht grün getönt und wirkt sehr ruhig.

In einem neuen Anbau gegen die Bergseite sind Werkstätten, das Bureau des Betriebschefs, ein Aufenthaltsraum mit Küche für das Personal, die Eigenbedarfslanlage und eine Montagehalle für den 50 000 V-Transformator untergebracht.

Der kleine Anbau auf der Seite nach Chur, in dem sich früher die Dampfturbinenanlage befand, wurde entfernt und durch einen grossen Neubau für die Schaltanlage ersetzt. Neben dem Maschinensaal und mit diesem durch ein grosses Fenster verbunden ist der Kommandoraum eingerichtet worden. Grosses Türen mit Gleis erleichtern den Transport der schweren Maschinenteile von der Strasse unter die Kranbahn des Maschinensaals und zum Transformatorenraum.

Der Unterwasserkanal wurde, wie aus Bild 15 hervorgeht, entsprechend der auf 6 bis 7 m³/s erhöhten Wassermenge neu erstellt. Bis zur Kreuzung mit dem Mühlbach verläuft er unterirdisch in Zementröhren von 1,5 m l. W.; anschliessend folgt ein tief eingeschnittener Graben mit gemauerten Seitenwänden, die durch querlaufende Betonstützen miteinander verbunden sind. Nach bestehendem Grundrecht müssen dauernd 2,5 m³/s Wasser dem Mühlbach zugeführt werden; ein im gedeckten Teil des Unterwasserkanals eingebauter Schwimmerregler besorgt diese Zuteilung selbsttätig.

b) Die Maschinenaggregate (Bilder 19, 20 und 23)

Alle drei Gruppen bestehen je aus einer vertikalachsigen Francisturbine mit darüber aufgebautem Drehstromgenerator. Ueber diesem befinden sich das gemeinsame Spurlager, der Erreger mit seinem oben liegenden Kollektor und zu oberst die Schleifringe für die Stromzuführung zum Polrad. Je ein Riementrieb übermittelt die Drehbewegung von der Turbinenwelle auf den Geschwindigkeitsregler.

Das Drucköl für die Servomotoren der Leitapparatverstellung, des Druckreglers und der Kugelschieber in den Druckleitungen vor den Turbinen wird von einer zentralen Anlage geliefert, die im Turbinenboden angeordnet ist und aus zwei unabhängigen Pumpengruppen mit automatischer Steuerung, einem Oelreservoir und einem grossen Windkessel

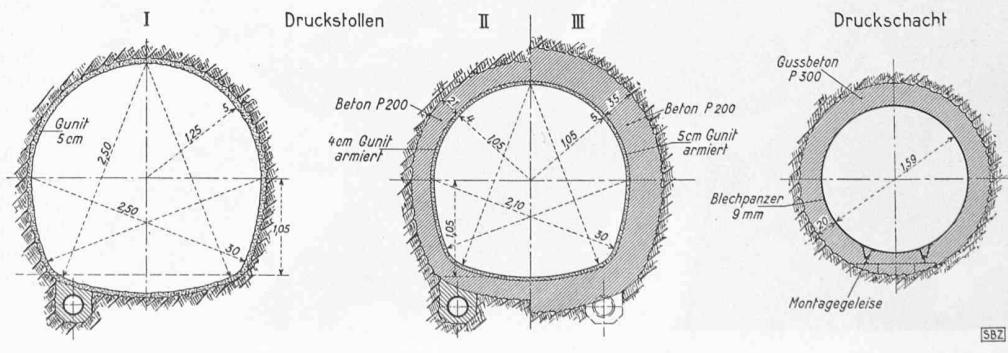


Bild 10. Stollenprofile. Maßstab 1:80

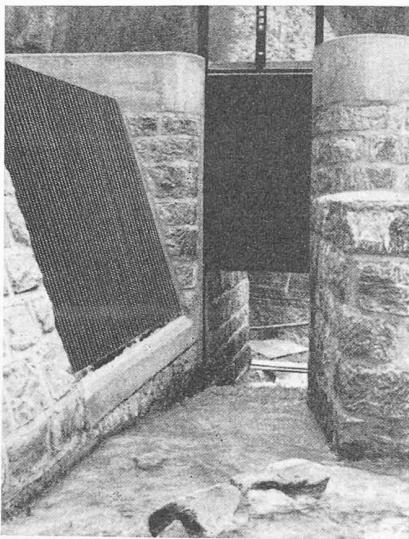


Bild 11. Spülöffnung zwischen Wehr und Einlauf (Bild 12)

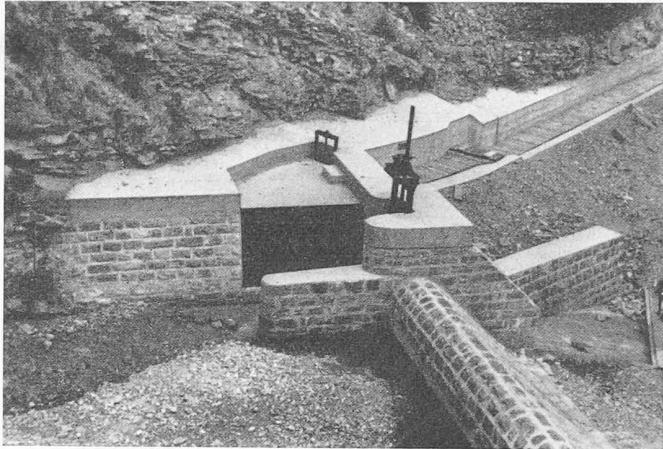


Bild 12. Wehr, Wasserfassung und Kläranlage am Calfreiserbach

besteht. Jede Pumpe reicht für den Bedarf der ganzen Zentrale aus. Die Betriebspumpe wird vom Eigenbedarfsnetz mit Drehstrom, die Reservepumpe mit Gleichstrom aus der Akkumulatorenbatterie betrieben. Für die Schmierung der Spurlager befinden sich neben jeder Turbine je eine mit Drehstrom betriebene Oelpumpe. Zur Sicherheit erhielten diese Gruppen einen Hilfsantrieb durch je eine kleine Peltonturbine. Die Halslager der Turbinen (je ein Lager) sind mit je einer eingebauten Zahnrad-Oelpumpe ausgerüstet; bei denen der Generatoren (je zwei Lager) sorgen entsprechend ausgebildete Gehäuseteile, die als Zentrifugalpumpen wirken, für den Oelumlauf. Sämtliche Lager sind mit Thermostaten ausgerüstet, die bei Erreichen einer bestimmten Temperatur einen Alarm auslösen. In analoger Weise wirken Pressostaten für die verschiedenen Oeldrücke.

Die Geschwindigkeitsregler steuern in bekannter Weise die zugehörigen Servomotoren, die neben den Turbinen angeordnet sind. Ihre Bewegung wird über je eine vertikale Welle und zwei Stangen auf den Regulierring der Leitschaufelverstellung übertragen. Die im Servomotorgehäuse eingebaute Horizontalwelle, die in der Regel bei horizontalachsigen Turbinen zur Leitschaufelverstellung verwendet wird, betätigt hier lediglich den aussen am Reglergehäuse angeordneten Steuerschieber zum Druckregler. Ein Rückführgestänge mit zwischengeschaltetem Katarakt verbindet den Kolben dieses Druckreglers mit dem genannten Steuerschieber. Von der vertikalen Verstellwelle wird über ein Hebelgestänge ein Belüftungsventil betätigt, das namentlich bei Teillast und

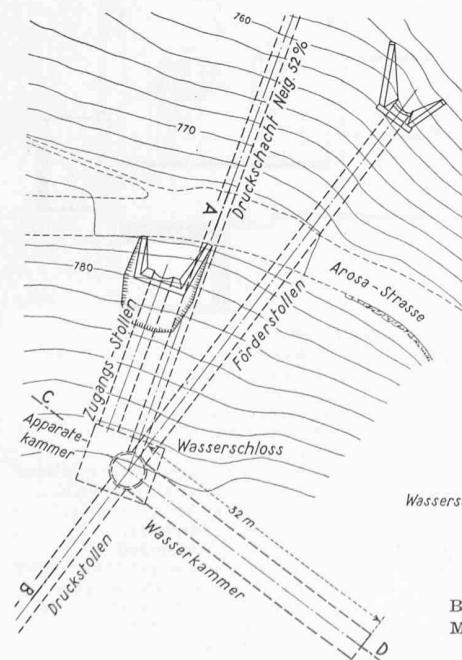
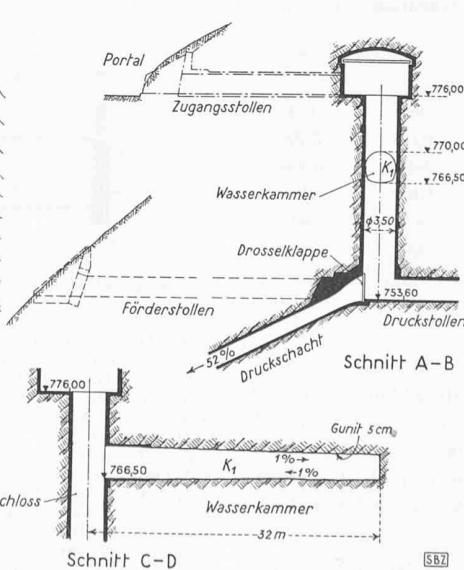
schroffen Last-Ab-schaltungen Luft in den Wasserstrom kurz nach dem Turbinenlaufrad-Austritt einströmen lässt, um so die Bildung der bekannten Wasserwirbel zu vermeiden.

Um den bestehenden Unterwas-serkanal innerhalb des Gebäudes mög-lichst wenig ändern zu müssen, mussten die Saugrohre ab-gebogen und ihre Axen im Grundriss so geneigt werden, dass ein störungsfreier Auslauf gewährleistet ist.

Die Generatoren saugen die Kühl Luft vom Freien durch Metallfilter an, die aus mit ölbefetzten Raschigringen gefüllten Zellen bestehen, und stoßen sie am oberen Ende ihres Gehäuses nach oben und nach den Seiten aus. An der Decke des Maschinensaales sind grosse Öffnungen ausgespart, durch die die warme Luft ins Freie austritt. Tabelle 3 gibt die Hauptdaten der drei Gruppen; Bild 23 zeigt die Turbine mit am Spiralgehäuse angebautem Druckregler im Werk der Lieferfirma, Bild 20 ihren Einbau und Bild 19 den Maschinensaal.

c) Die Schaltanlage (Bilder 24 und 25, S. 492)

Diese vollständig neu erstellte Anlage ist sehr übersichtlich angeordnet und lässt Raum für spätere Ergänzungen. Die für jede Erzeugergruppe und für jeden abgehenden Strang nötigen Apparate sind in Zellen angeordnet, über die sich die Sammelschienen hinziehen. Die 10 000 V-Sammelschiene, die als Ring ausgebildet ist, kann an vier Stellen durch Trennmesser unterteilt werden; die 2000 V-Sammelschienen dagegen nur an einer Stelle. Durch diese Trennstellen können Störungen eingegrenzt und ohne Beeinträchtigung des Betriebes der andern Felder behoben werden. Sämtliche Zellen sind mit dreipoligen Trennschaltern ausgerüstet, die Rückmeldekontakte enthalten, so dass der Maschinist auf dem Blindschema im Kommandoraum jederzeit die Ausführung der vorgenommenen Schaltungen kontrollieren kann. Jedes abgehende und ankommende Feld ist mit einem ölarmen Leistungsschalter mit Fernantrieb vom Kommandoraum aus versehen. Die einzelnen Schaltfelder sind aus dem Prinzipschema, Bild 25, ersichtlich. Die 50 000 V-Schaltanlage, deren Notwendigkeit weiter unten näher begründet wird, ist im Transformatorenraum aufgestellt; sie besteht aus zwei Leitungsfeldern für die abgehenden Leitungen nach der Zentrale Lüen und nach der Schaltstation des Albulawerkes der Stadt Zürich, sowie aus einem Transformatorenfeld und

Bild 13. Wasserschloss
Masstab 1:800Bild 14. Verteilrohr am unteren Ende der Druckleitung mit Kragenverstärkung.
Werkaufnahme

einem Reservefeld (Bild 24). Der ölgekühlte Transfator von 6000 kVA Leistung und 10/50 000 V Spannung ist zwecks Anpassung an die Spannungen von Lüen und Albula als Reguliertransformer mit aussenliegendem, ferngesteuertem Stufenschalter ausgebildet. Jedes der drei ausgebauten Felder enthält je einen Trenner, einen ölarmen Schnellschalter und die Wandler für die Messinstrumente. Die einzelnen Schalter sind vom Kommando- raum aus fernsteuerbar, ebenso die 30 Stufen des Reguliertransformers.

Zur Versorgung der Zentrale Sand mit Licht-, Kraft- und Steuerstrom ist eine Eigenbedarfsanlage eingerichtet worden, die aus einem Transformator für 10000 auf 3 × 380/220 V, einer Umformergruppe zum Erzeugen von Gleichstrom für das Laden der Akkumulatoren batterie und einer solchen Batterie für 220 V und 210 Ampèrestunden besteht. Diese Batterie dient bei Ausfall der Drehstromversorgung für die Steuerung der ganzen Anlage und die Notbeleuchtung der Zentrale.

In einem Abteil der 10000 V-Anlage befindet sich die Gleichrichter-Apparatur für die Chur-Arosa-Bahn, die auf Rechnung der Rhätischen Bahn erstellt wurde.

d) Der Kommandoraum (Bilder 21 u. 22, S. 491).

Ein besonderes Lob verdient die Ausstattung des Kommandostopfens. Die übersichtliche Anordnung und die zweckmässige Konstruktion der Kommandogeräte und der Überwachungsinstrumente ermöglichen eine nicht zu übertreffende Einfachheit und Sicherheit der Bedienung der ganzen Zentrale von einer zentralen Stelle aus. Sinngemäss sind die Felder in zwei Gruppen unterteilt. Die ersten dienen den Organen für die Erzeugung elektrischer Energie; sie sind im Kommandopult vereinigt, von wo auch der Maschinensaal überblickt werden kann. Ueber dem Fenster sind die Instrumente für das Parallelschalten von Hand angeordnet; in einem Seitenschrank links des Fensters die Gefahrmeldelampen, die anzeigen, welches Sicherheitsorgan (z. B. ein

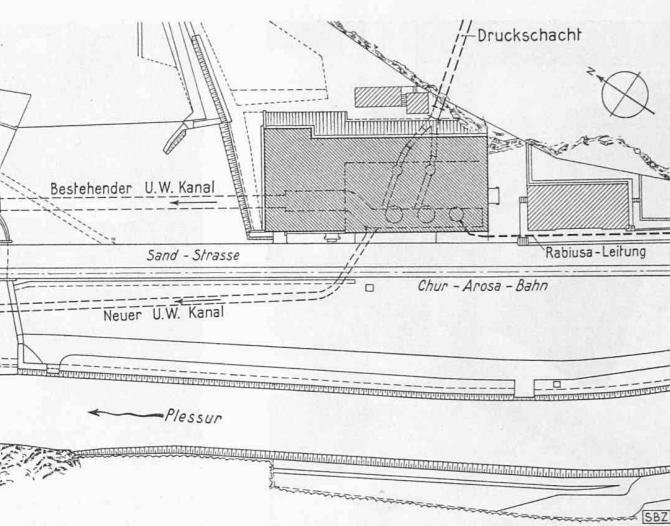


Bild 15. Zentrale Sand. Lageplan 1:1500

Thermostat in einem Turbinenlager) angesprochen hat; im gegenüberliegenden Seitenschrank findet das Synchronoskop zum selbsttätigen Parallelschalten Platz. Die andere Apparategruppe, die die Fernbedienung der abgehenden Linien ermöglicht, ist in den Feldern eines auf der Rückseite des Kommandoraumes angeordneten Schrankes untergebracht. Dabei entspricht jedem Feld eine Zelle der Schaltanlage.

Kennzeichnend für die vorliegende Kommandaanlage ist das Blindschema, das auf jedem Feld aufgezeichnet ist und alle Apparate zeigt, die dort zu steuern sind. Dabei wird jede einzelne Schaltung an einem entsprechend geformten Schalter vorgenommen, der sich im Blindschema an der Stelle des zu steuern den Organs befindet und durch seine Stellung den Schaltzustand angibt. Bleibt die Schaltung infolge elektrischer Verriegelung aus Sicherheitsgründen erfolglos, so leuchtet ein im Schalter eingebautes rotes Lämpchen auf. Dies ist auch der Fall, solange die Stellung des zu schaltenden Organs

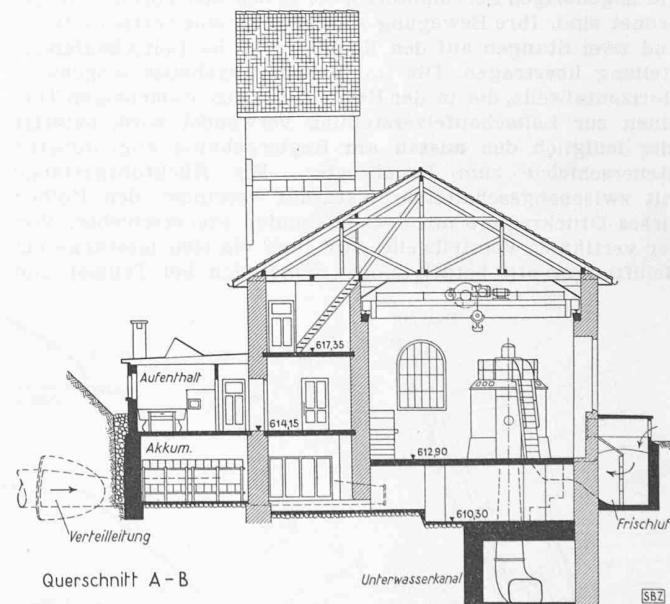


Bild 17. Querschnitt. — Massstab 1:300.

- 1 Schaltzelle für 50 kV für Reguliertransformer
- 2 id. für Lüen
- 3 id. für E.-W. Zürich
- 4 id. Reserve
- 5 Schalterantrieb
- 6 Trennerantrieb
- 7 Mutatoranlage Rhät. Bahn
- 8 Transformer 10/2 kV
- 9 Hilfstransformer
- 10 Erdrossel für Generatorschutz
- 11 Hochspannungssicherung für Hilfstransformer
- 12 id. für Erdrossel
- 13 Ladegruppe und Survolteur
- 14 Schalttableau für Eigenbedarf
- 15 Eigenbedarf, Verteilung und Transformer
- 16 Säurezelle
- 17 Akkumulatoren
- 18 Schaltpult für Maschinengruppen
- 19 Synchronoskop, Schützensteuerung, Fern-Linnigraphen
- 20 Spannungs-Schnellregler, Generatorenschutz, Gefahrmeldelampen
- 21 Tableau für abgehende Linien
- 22 Steuerständer für Kugelschieber zu Plessurturbinen
- 23 id. für Rabiusaturbine
- 24 Turbinenregler

Tabelle 3. Hauptdaten der neuen Maschinensätze in der Zentrale Sand

	Rabiusa	Plessur
Anzahl Maschinensätze	1	2
<i>Francisturbine</i>		
Nettogefälle m	85	154
Wassermenge m³/s	0,90	3,38
Leistung PS	860	6000
Drehzahl U/min	1000	750
Garantierte Wirkungsgrade bei verschiedenen Belastungen	100 % 90 % 80 % 50 %	84 88 88,5 83
	86 89,5 89,5 84,0	
<i>Drehstromgenerator</i>		
Leistung kVA	800	5200
Spannung V	10.11 500	10.11 500
Wirkungsgrade für $\cos \varphi =$	1 0,8	1 0,8
bei $\frac{1}{4}$ Last	95,2	93,6
bei $\frac{3}{4}$ Last	95,0	93,1
bei $\frac{2}{4}$ Last	93,7	91,8
	97,0	96,4
	95,9	95,1
	95,1	96,4
	95,1	95,1
<i>Gewichte</i>		
Turbine	8500	$2 \times 25\ 500$
Regulator	2100	$2 \times 6\ 000$
Kugelschieber	1800	$2 \times 6\ 000$
Generator	8600	$2 \times 37\ 500$

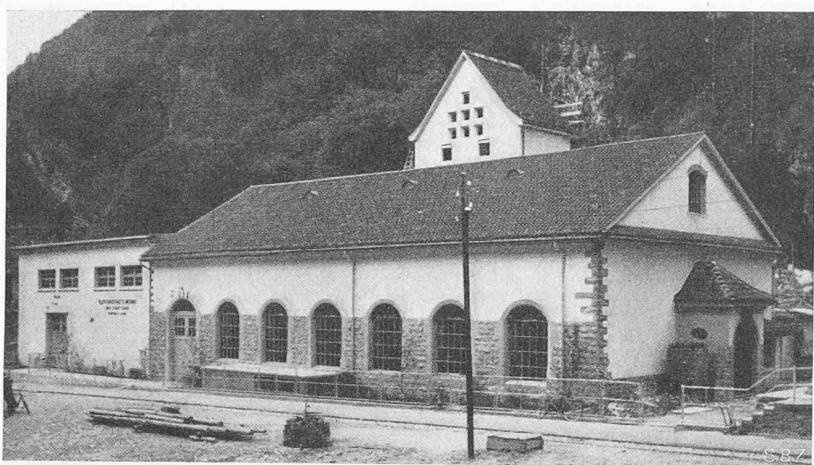


Bild 16. Ansicht der Zentrale Sand mit angebautem Apparatehaus
Vorn die Frischluft-Filteranlage

mit der des zugehörigen Handschalters nicht übereinstimmt, so z. B. während der Schlusszeit der Drosselklappe im Wasserschloss oder des Turbinenreglers. Bei den elektrischen Schaltern bedeutet das Drehen der Handschalter auf dem Blindschema nur die Bereitstellung. Für den Vollzug drückt man auf einen unmittelbar daneben liegenden Druckknopf⁴⁾.

6. Der Umbau der Uebertragungsleitungen

a) Die Energieübertragung von Lüen nach Sand

Seit der Inbetriebnahme der 3000 PS-Turbine in der Zentrale Lüen im Jahre 1929 und der starken Belastungszunahme im Netz der Stadt Chur wurden die beiden Stränge der bestehenden 10 000 V-Uebertragungsleitung von Lüen nach Chur

⁴⁾ Eine ausführliche Beschreibung wird demnächst in den Vierteljahrs-Mitteilungen von Sprecher & Schuh veröffentlicht werden.

beträchtlich überlastet. Monatlang mussten Leistungen von 5500 bis 5800 kW übertragen werden. Nach eingehenden Untersuchungen erreichten die Verluste jährlich 2,2 bis 2,3 Mio kWh (110 bis 120 000 Fr.). Mit dem Bau des neuen Werkes war nun der Zeitpunkt gekommen, den einen Leistungsstrang auf 50 000 V umzubauen, während der andere zur Versorgung der Dörfer im Schanfigg weiterhin mit 10 000 V betrieben werden soll.

Dieser Umbau erforderte das Aufstellen des bereits erwähnten Reguliertransformers von 6000 kVA und 10 000/50 000 V in der Zentrale Sand, sowie eines gleichen Transformers in der Zentrale Lüen. Aus Raumgründen muss die 50 000 V-Anlage in Lüen neben der Zentrale im Freien aufgestellt werden; nur der zugehörige 10 000 V-Schnellschalter findet in einem Schaltfeld im Gebäude Platz. Die Leitung soll demnächst mit werkeigenem Personal zur Zeit schwacher Belastung umgebaut werden.

b) Die Verbindung zwischen den Zentralen Sand und Sils an der Albula

Die Leitungs- und Transformerverluste dieser Energieübertragung wurden bei der bisherigen Ausführung mit 10 000 V Spannung zu 8 % berechnet, wozu noch Eigenverluste in den bestehenden Induktionsreglern von rd. 3 % hinzukommen. Hierdurch erwachsen der Stadt Chur jährliche Einnahmenausfälle in der Höhe von etwa 25 000 Fr. Durch den Umbau der Leitung auf 50 000 V verringern sich diese Verluste bis auf einen kleinen Restbetrag. Außerdem können grössere Leistungen übertragen werden. Schliesslich lässt sich die Anpassung an die Spannung des Albulawerkes viel leichter durchführen. Es ist also technisch und wirtschaftlich geboten, diesen Umbau trotz der hohen Materialkosten möglichst bald durchzuführen.

7. Die Baukosten

Im Kreditbegehren vom 7. Mai 1945 werden als Baukosten aufgeführt:

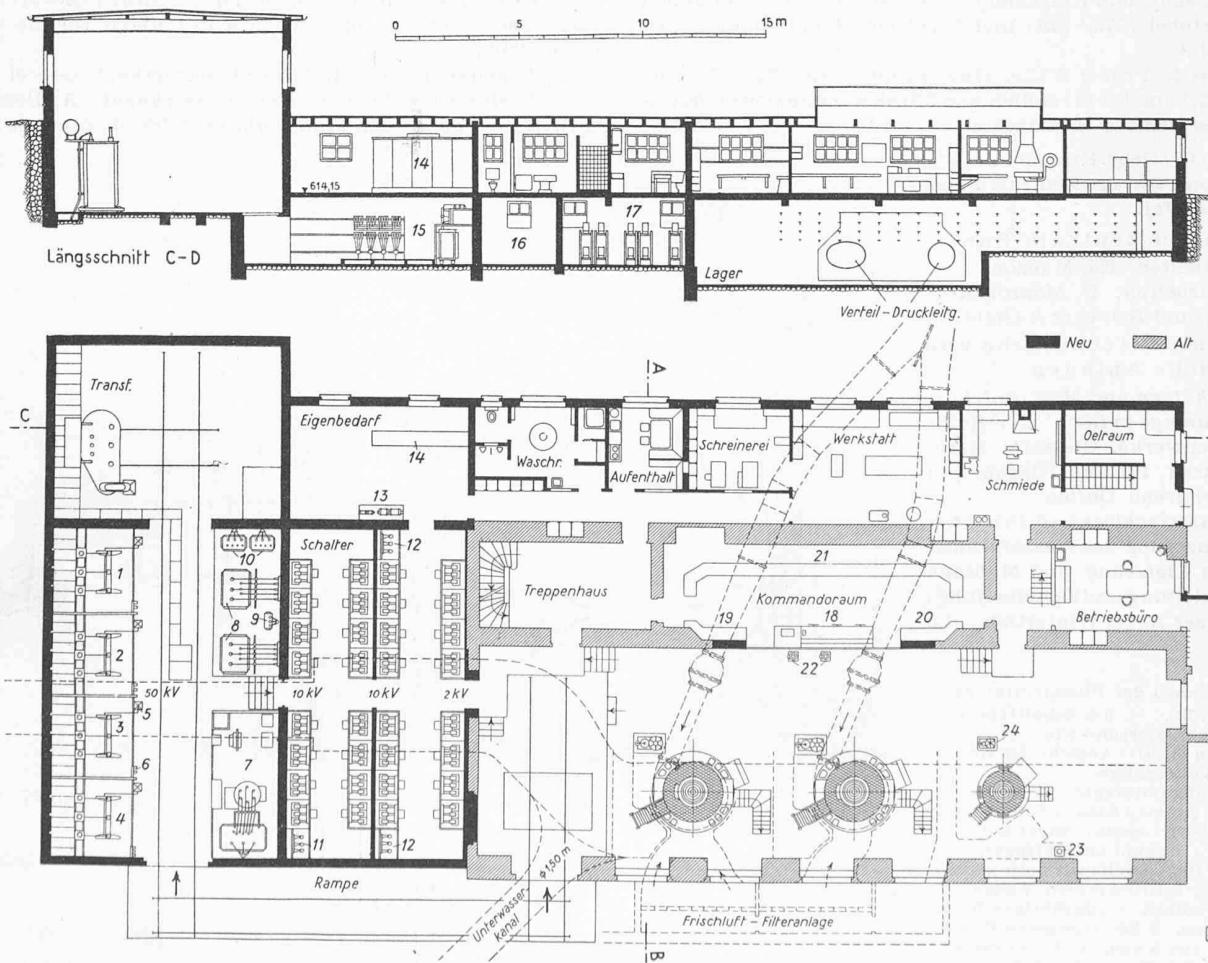


Bild 18. Maschinenhaus Sand, Längsschnitt durch Werkstattanbau und Grundriss des Erdgeschosses, Zahlenlegende Seite 488
Masstab 1:300

Bild 19. Maschinensaal in der Zentrale Sand. Vorn die Rabiusaturbine, hinten die beiden Plessurturbinen

Ausbau der III. Stufe des Plessurwerkes

Allgemeines . . . 443 200 Fr.
Bauliche Anlagen . 4 956 900 Fr.
Maschinelle Anlagen 1 051 200 Fr.

Total 6 451 300 Fr.

Umbau des bestehenden Rabiusawerkes . . . 689 200 Fr.

Umbau der Uebertragungsleitung Lüen - Chur auf 50 000 V . . . 701 000 Fr.

Umbau der Uebertragungsleitung Sand - Albula auf 50 000 V . . . 368 200 Fr.

Unvorhergesehenes. 290 300 Fr.

Gesamtkosten 8 500 000 Fr.

Die Gestehungskosten der Energie, bezogen auf $\frac{2}{3}$ der möglichen Jahresproduktion, ergeben sich zu rd. 1,4 Rp./kWh.

8. Ausführende Firmen

a) Wasserbautechnische Arbeiten

Baulos 1: Steinmann & Hew, später C. Hew, Ing., Wehr- und Kläranlage in Lüen und 512,43 m Stollenbau.

Baulos 2: Walo Bertschinger & Cie. (Ing. Saluz): Wasserfassung Castielertobel mit Entsandungsanlage, Fensterstollen Castielertobel (237,40 m) und 1172,47 m Druckstollen gegen Baulos 1 und das Calfreisertobel.

Baulos 3: Stuag A.-G. (Ing. S. Menn und T. Rauch): Wasserfassung und Kläranlage Calfreisertobel, Fensterstollen Calfreisertobel (373,84 m) und 1774,90 m Hauptstollen gegen Los 2 und 4.

Baulos 4: Prader & Cie. (Ing. Breuer): 1573,73 m Hauptstollen, 52,45 m Förderstollen und 329,48 m Druckleitungsstollen, Wasserschloss Brandacker.

Baulos 5: Gebr. Krämer: Unterwasserkanal von der Zentrale Sand zum Plessurfall.

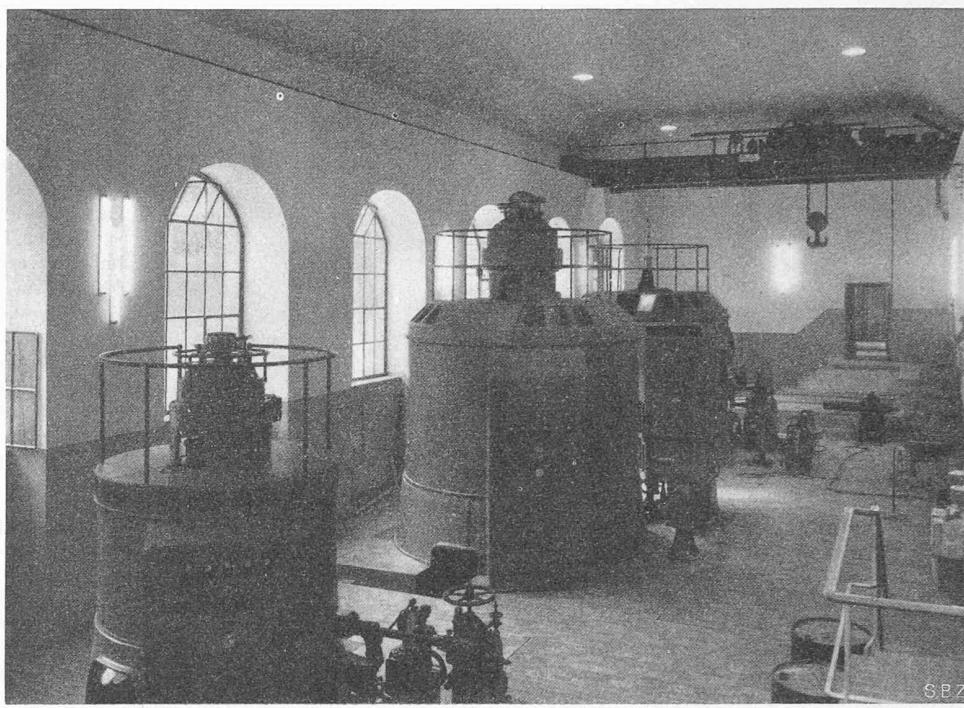
b) Hochbau Zentrale Sand Tiefbauarbeiten: Ed. Manzoni.

Hochbauarbeiten: D. Mazzoleni-Battaglia und Schwarz & Giger.

c) Maschinentechnische und elektrische Anlagen

1. Schützen und Motorantriebe der Wehranlage in Lüen: L.v. Roll'sche Eisenwerke, Giesserei Bern. Apparaturen für die Kläranlage: Ingenieurbüro Dufour.

2. Wasserschloss und Druckleitung: Panzerung des Wasserschlusses sowie Lieferung und Montage der Druckleitung und Verteilleitung: Gebr. Sulzer A.-G., Winterthur; die



Drosselklappe als Abschlussorgan des Wasserschlusses: L. v. Roll'sche Eisenwerke in Klus.

3. Turbinen: Escher Wyss A.-G., Zürich.

4. Generatoren: Maschinenfabrik Oerlikon.

5. Schaltanlagen: Die 2, 10 und 50 000 V-Schaltanlagen sowie der Kommandoraum wurden von der Firma Sprecher & Schuh A.-G., Aarau, geliefert und montiert; Blindschema im Kommandoraum und Fernsteuerungseinrichtungen, Wasserstandsfernmelder: Chr. Gfeller A.-G., Bern.

6. 6000 kVA-Reguliertransformator: Brown-Boveri & Cie. A.-G., Baden, ebenso die Gleichrichteranlage für die Chur-Arosa-Bahn.

7. Krananlage: L. v. Roll'sche Eisenwerke, Giesserei Bern.

8. Schleusenanlagen im Unterwasserkanal: A. Bosshard A.-G., Näfels, ebenso ein Transportwagen für die Zentrale Sand.

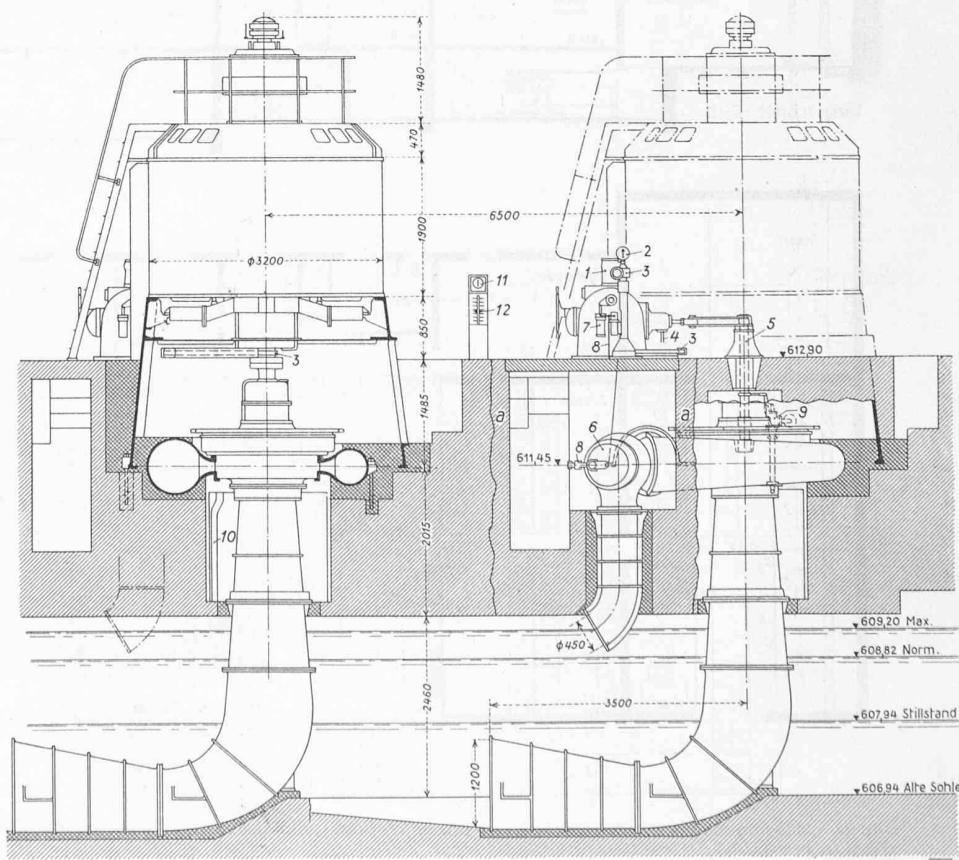


Bild 20. Einbau der Plessurturbinen, Maßstab 1:100. — a-a Schnittebene durch Druckreglerrohr-Axe.

Über Kote 612.90: Ansicht des Geschwindigkeitsreglers.

1 Geschwindigkeitsregler, 2 Drehzahlanzeiger, 3 Antrieb dazu, 4 Druckwasser zum Haupt-Servomotor, wirkt auf Schliessen (Drucköl auf Öffnen), 5 vertikale Reglerwelle zur Leitschaufelverstellung, 6 Druckregler, 7 zugehöriger Steuerkolben, 8 zugehöriges Rückführgestänge, 9 Belüftungsventil mit Steuerung von 5 aus, 10 Leckwasserabfuhr, 11 Windkesseldruck der zentralen Druckölanlage, 12 zugehöriges Windkesselniveau

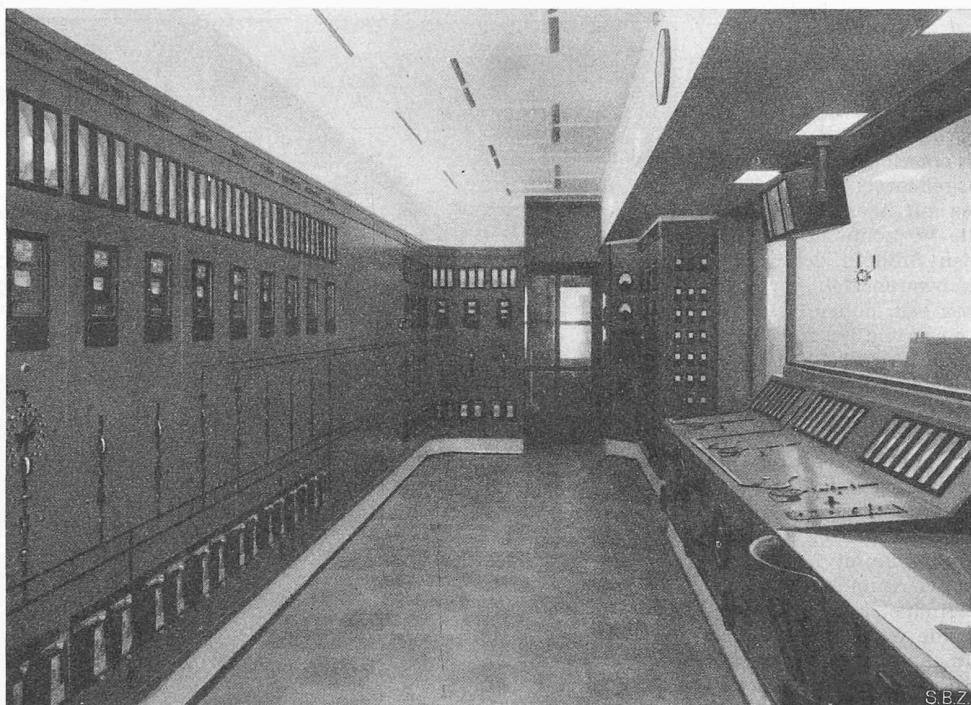


Bild 21 (links). Kommandoraum
Rechts: Schaltpult mit Blindschema und Anzeigegeräten für die drei Maschinensätze; unten: Handräder für Spannungsregelung; hinten: Gefahrmeldelampen, Schnellregler und Schutzapparate der Generatoren. Links: Kommandofelder für die abgehenden Linien mit Blindschema und Anzeigegeräten; ganz links vorn: Feld des Transformers mit 30 Druckknöpfen für die Regelschaltstufen

Zum Bau des Juliawerkes Tiefencastel DK 611.21(494.262.2) der Stadt Zürich

Das Juliawerk Tiefencastel nützt die Wasserkraft der Julia auf der etwa 5 km langen Strecke zwischen Burvagn und dem Stauseebecke des Albulawerkes aus. Zwischen dem höchsten Aufstau auf Kote 1117.00 und der Wasserabgabe auf Kote 822.40 besteht ein Bruttogefälle von 294,60 m. Das Werk wird für eine grösste Wassermenge von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgebaut, die im Mittel während 147 Tagen pro Jahr zur Verfügung steht. Die Zentrale enthält zwei vertikalachsige Francis-Turbinen, die bei 275 bis 293 m Nettogefälle und 1000 U/min je 15 950 bis 17 550 PS leisten. Die beiden Drehstromgeneratoren sind für je 14 000 kVA, 6600 V und 50 Hz gebaut. Die Energie wird auf 150 kV hochtransformiert und dem Albulawerk in Sils zugeführt. Die Fernübertragungsleitung nach Zürich wird auf dieselbe Spannung umgebaut. Das Juliawerk erzeugt bei mittlerer Wasserführung 47 Mio kWh im Winter (1. Oktober bis 31. März) und 93 Mio kWh im Sommer, jährlich also 140 Mio kWh. Die Baukosten werden etwa 16 Mio Fr. betragen.

Am 21. Januar 1945 haben die Stimmbürger der Stadt Zürich dem Kreditbegehr zugestimmt. Die damalige Versorgungslage erlaubte vorerst nur die Durchführung einiger Vorbereitungsarbeiten (Zufahrtstrassen zum Stausee und zur Zentrale mit Albulabrücke, vier Wohnhäuser in Zentralennähe, zwei Fensterstollen zum Druckstollen, Kraftversorgung der Baustellen). Erst am 1. Dezember 1945 hat das Eidg. Kriegs-Industrie- und -Arbeits-Amt die Baustoffe für das Jahr 1946 freigegeben, worauf mit dem eigentlichen Bau begonnen werden konnte.

Es war vorgesehen, das Werk auf Ende 1947 in Betrieb zu nehmen. Beim Bau der beiden Stollenfenster und des Druckstollens stiess man auf sehr schlechte Gesteinsverhältnisse, die erhebliche Zusatzarbeiten erforderten und eine starke Verlegung der Stollenaxe tiefer in den Berg hinein nötig machten. Diese Schwierigkeiten im Bau des Druckstollens haben eine Verlängerung der Bauzeit um einige Monate zur Folge. Die übrigen Bauarbeiten konnten programmgemäß durchgeführt werden und stehen vor der Vollendung. Die maschinellen Anlagen werden jetzt montiert.

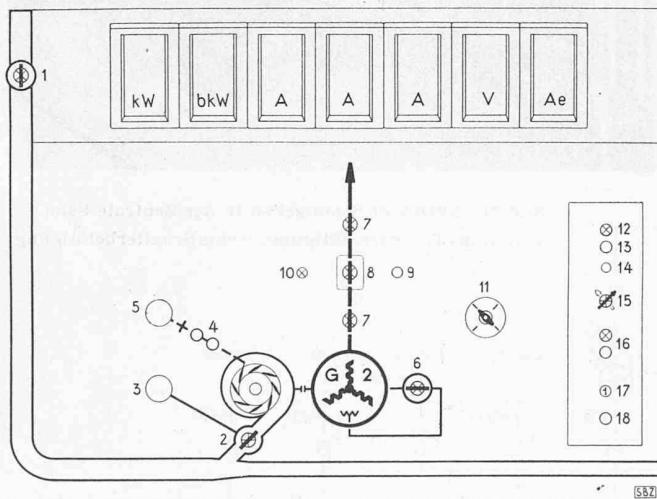


Bild 22. Blindschema des Kommandopultes (Ausschnitt)
1 Drosselklappe im Wasserschloss
2 Kugelschieber vor Turbine 2
3 Not-Druckknopf zu 2 (mit Schutzaube)
4 Druckknöpfe ± für Drehzahl- bzw. Lastverstellung
5 Not-Druckknopf für Turbine (mit Schutzaube)
6 Entregungsschalter

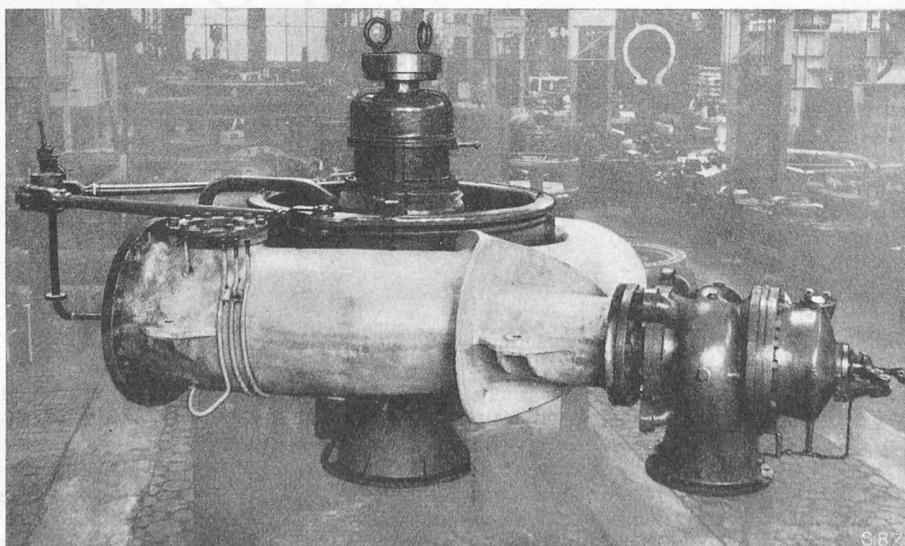


Bild 23. Plessurturbine mit angebautem Druckregler (rechts vorn), Leitungsvorrichtung und Belüftungsventil (links)

MITTEILUNGEN

Ueber die Anwendungen des Naturgases in der chemischen Industrie in den USA. Seit der Entdeckung des Naturgases in den USA in den Jahren 1815 bis 1820 hat sich die industrielle Ausnützung dieses wertvollen Rohstoffes und Energieträgers ausserordentlich stark entwickelt. Heute wird Naturgas in 24 Staaten der USA ausgebeutet; der jährliche Verbrauch stieg während des Krieges auf über 10^{11} m^3 . Ein gewaltiges Leitungsnetz verbindet die Vorkommen mit den Verbrauchszentren, vor allem mit den Städten des Ostens. Das Gas ist reich an Methan und schweren Kohlenwasserstoffen und hat dementsprechend einen sehr hohen Heizwert. Dank des niedrigen Preises wurde es ursprünglich zur Raumheizung verwendet. Heute werden zuerst die wertvolleren Bestandteile abgetrennt. Sehr gross ist die Fabrikation von Kohlenschwärze; sie überstieg im Krieg 0,6 Mio t pro Jahr, entsprechend einem Gasverbrauch von über 10^{10} m^3 . Seit dem Jahre 1928 hat die Standard Oil-Gruppe die Verfahren der I. G. Farben aus Deutschland zur Herstellung von Auto- und Flugbenzin sowie von synthetischem Gummi übernommen. Die tägliche Flugbenzinerzeugung überstieg im Krieg $6 \cdot 10^5 \text{ m}^3$, während die Jahresproduktion an Kunstgummi $7 \cdot 10^5 \text{ t}$ erreichte. Während des Krieges gewann die Ammoniakfabrikation als Rohstoff für die Sprengstoffindustrie eine ausserordentliche Bedeutung. Gegen Kriegsende wurden täglich rd. 2000 t Ammoniak hergestellt, wovon mehr als die Hälfte aus Naturgas. In ähnlicher Weise wird auch Methylalkohol (CH_3OH) erzeugt. Das Naturgas bildet weiter den Rohstoff für die Herstellung verschiedener wichtiger chemischer Verbindungen, so für Wasserstoff, der zur Hydrierung vor allem von vegetabilen Oelen verwendet wird, ferner von Chlordervativen, Nitroparaffinen, Formol und Cyansäure. Ueber die verschiedenen Verfahren der Ausbeutung sowie über Schätzungen der Grösse der bestehenden Vorkommen berichtet Ing. P. Guillaumeron im «Le Génie Civil» vom 1. April 1947 und stellt zum Schluss die Frage, warum in Frankreich die bekannten Naturgassvorkommen so wenig Beachtung finden, eine Frage, die auch wir in der Schweiz uns stellen könnten!

Das unterirdische Dampfkraftwerk in Mannheim. Nach einer Notiz im «Le Génie Civil» vom 1. März 1947 hatte die deutsche Regierung im Jahre 1928 den Bau einer unterirdischen bombensicheren Kraftzentrale von 32 000 kW Leistung beschlossen, die im Juli 1944 in Betrieb genommen wurde. Der aus armiertem Beton von 3 m Dicke erstellte Baukörper ist mit Rücksicht auf den Grundwasserdruck im Grundriss kreisförmig (l. W. 33,8 m, l. Höhe 16 m) und ruht auf einem Fundament, das 16,5 m unter die Erdoberfläche hinab reicht. Es enthält einen von der Firma Gebrüder Sulzer, Ludwigshafen, gebauten, den besondern örtlichen Verhältnissen angepassten Kessel für 125 t/h Dampf von 119 atü und 500°C (Wirkungsgrad 86 %) mit zwei Unterwindgebläsen von veränderlicher Drehzahl und einem Saugzugventilator für die Rauchgase. Als Zubehör sind zu nennen ein normaler Ueberhitzer, ein Luftvorwärmter, Bauart Ljungström, und die elektrostatischen Abscheider Siemens-Cottrel-Lurgi, ferner zwei Dampfspeicher. Das Kühlwasser fliesst den Kondensatoren, die unter dem Rheinniveau liegen, durch natürliches Gefälle zu und wird nachher durch zwei Zentrifugalpumpen von 68 m³/h und 1000 PS mit variabler Drehzahl weggefördert. Die Dampfturbine ist mit dem Drehstromgenerator von 40 000 kVA direkt gekuppelt; die Gruppe arbeitet mit 3000 U/min. Die Anlage hat fast durchgehend mit voller Belastung und mit einem mittleren thermischen Wirkungsgrad von 24 % gearbeitet bis zur Einnahme der Stadt durch die Amerikaner am 29. März 1945.

Flugplatz-Anflugbeleuchtung für jede Witterung. Die Westinghouse Electric Co., Cleveland, Ohio soll nach einer Mitteilung in «The Engineer» vom 4. Juli 1947, S. 17, ein neues Beleuchtungssystem entwickelt haben, das sich durch ausserordentlich hohe Lichtstärken auszeichnet und bei dichtestem Nebel noch auf 300 m sichtbar ist, während Gegenstände bei Tageslicht auf 15 m nicht mehr gesehen werden können. Bemerkenswert ist der grosse Bereich, in dem die Lichtstärke verändert werden kann, nämlich von 100 bis $3,3 \cdot 10^9$ Kerzen-

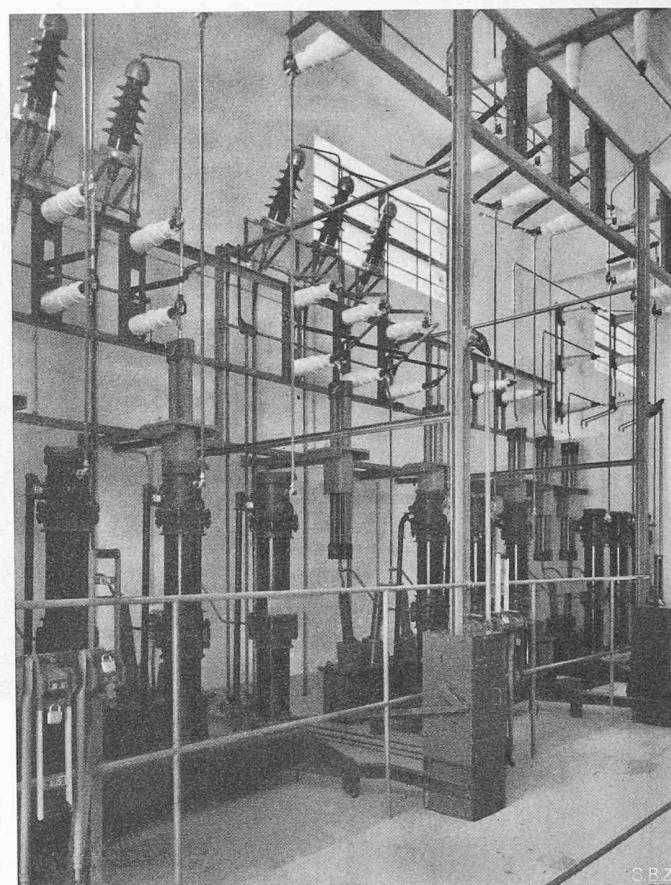


Bild 24. 50000 Volt-Schaltzellen in der Zentrale Sand.
Vorn links Trennerbetätigung, rechts Schalterbetätigung

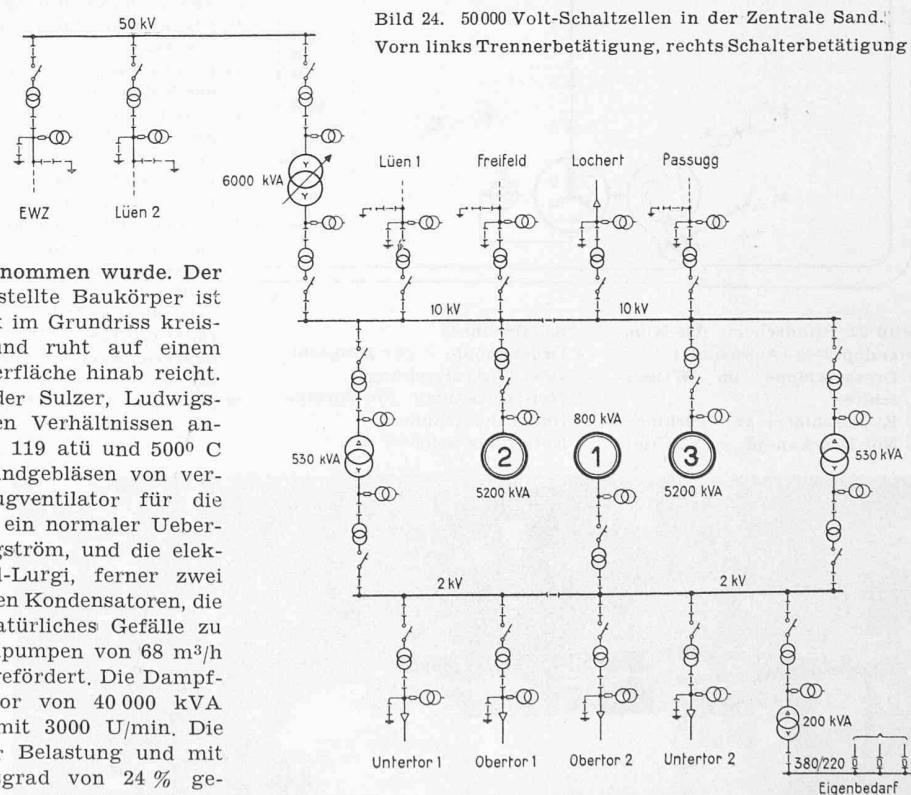


Bild 25. Prinzipielles Schaltschema der Zentrale Sand

stärken. Versuche auf dem Gemeindeflugplatz von Cleveland haben gezeigt, dass sich der Uebergang vom durch Instrumente gesteuerten Flug auf die sichtbare Landung bei allen Nebelarten leicht vollziehen lässt. Das System besteht aus einer Annäherungslinie, d. h. einer rd. 1000 m langen Reihe von Leuchten, die parallel zur verlängerten Mittelaxe der Piste und um 7,5 m nach links zu ihr versetzt angeordnet sind und kurz nacheinander aufleuchten. Sie sind alle auf einen Punkt gerichtet, der 1800 m vom Ende der Piste ent-