

Der Abschluss der Elektrifizierungsarbeiten der Rhätischen Bahn

Autor(en): **Dürler, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **79/80 (1922)**

Heft 14

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-38073>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

übten. Es musste aber noch viel Wasser die Limmat hinabfließen, bis die Verhältnisse sich besserten, denn noch im Jahre 1899 passten die Schilderungen Rahns, die er in seinen „Erinnerungen“ über die Marienkapelle und die Winterabtei machte, ganz genau auf den Zustand, in dem sie sich in jenem Jahre befanden (Zürcher Taschenbuch 1920, Seiten 30 und 31). (Schluss folgt.)

Der Abschluss der Elektrifizierungsarbeiten der Rhätischen Bahn.

Von W. Dürler, Oberelektroingenieur der Rh. B.

Im Anschluss an den im Band LXXV, Seite 217 (15. Mai 1920) erschienenen Aufsatz von Oberingenieur H. Lang betreffend die in den Jahren 1918/1919 durchgeführte Elektrifizierung der Strecken Bevers-Filisur-Thusis und Filisur-Davos soll nachstehend über die inzwischen erfolgten weitem Elektrifizierungsarbeiten berichtet werden.¹⁾

Die auch nach Friedensschluss immer noch gestiegenen Kohlenpreise, die im Juni 1920 mit 242 Fr./t franko Landquart ihren höchsten Stand und damit etwa den 6,5-fachen Betrag des Vorkriegspreises erreichten und von da an nur langsam sanken, drängten die Verwaltung der Rhätischen Bahn, als wichtigste Sparmassnahme die begonnene Elektrifizierung mit grösstmöglicher Beschleunigung weiterzuführen. Sich berufend auf die Gesetzesvorlage vom September 1918 über Unterstützung von privaten Eisenbahn- und Dampfschiff-Unternehmungen zum Zwecke der Einführung des elektrischen Betriebes, die am 1. Februar 1920 in Kraft trat, gelangte die Rh. B. als erstes Unternehmen um Gewährung eines Darlehens an den Bund. Auf Grund einer Vereinbarung erklärten sich der Bund und der Kanton Graubünden, nachdem eine eingehende Prüfung der Wirtschaftlichkeit stattgefunden hatte, in höchst verdankenswerter Weise bereit, für die Elektrifizierung des gesamten Rh. B.-Netzes südlich Bevers, unter Ausschluss der Linie Reichenau-Disentis, zu gleichen Teilen ein Darlehen bis zum Betrage von 17,5 Millionen Franken zu gewähren. Infolge dieser eidgenössischen Hülfe wurde es dann möglich, ohne Unterbruch die Elektrifizierungsarbeiten durchzuführen. Ueber die Reihenfolge, in der die einzelnen Strecken elektrifiziert wurden, gibt die nachstehende Tabelle Auskunft (vergleiche das Uebersichtsschema Abbildung 1 auf Seite 182).

¹⁾ Vergl. auch den vorgängigen Artikel von Ing. H. Haueter, «Der elektrische Betrieb auf den Linien des Engadins», Band LXVII, S. 239, 13. Mai 1916. Red.

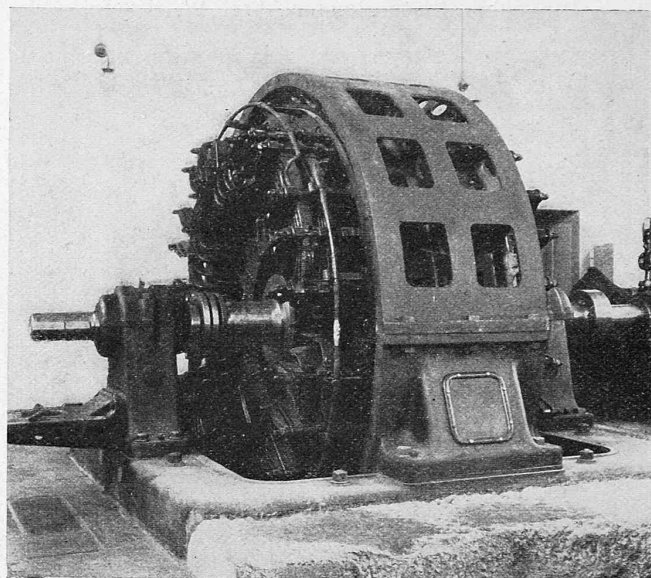


Abb. 2. Einphasenstrom-Generator von 2000 kVA im Kraftwerk Thusis.

Strecke:	Aufnahme des elektr. Betriebes	Betriebslänge in km
Engadinerlinien (Samaden-Schuls-Tarasp, Samaden-Pontresina und Samaden-St. Moritz)	im Jahr 1913	62,08
Bevers-Filisur	20. April 1919	31,24
Filisur-Thusis	15. Okt. 1919	23,17
Filisur-Davos-Dorf	22. Dez. 1919	21,94
Davos-Dorf-Klosters	1. Dez. 1920	14,69
Thusis-Chur-Landquart:		
gemischter Betrieb	1. April 1921	41,18
voller elektr. Betrieb	1. Aug. 1921	
Landquart-Klosters	7. Nov. 1921	32,64
Reichenau-Disentis: voraussichtlich	1. Juni 1922	49,39
Ab Juni 1922 ganzes Netz der Rh. B. elektrisch betrieben . . .	Total	277,0 km

Im folgenden soll der Ausbau der einzelnen Einrichtungen beschrieben werden:

I. Energieerzeugungs-Anlagen:

Als einzige Energiequelle stand zu Beginn der Kriegselektrifizierung der Rh. B. die Umformerstation Bevers, die damals den Kraftwerken Brusio gehörte, zur Verfügung. Ursprünglich lediglich zur Versorgung der Engadinerlinien bemessen, umfasst die Anlage zwei Umformergruppen von je 1300 kVA Einphasenleistung mit zugehörigen Transformatoren und Hilfsgruppen zur Umformung des von den Brusiowerken gelieferten Dreiphasenstromes 23000 Volt 50 Perioden auf Einphasenstrom von 11000 Volt 16 $\frac{2}{3}$ Perioden. Beide Gruppen bestehen aus je einem Drehstrom-Asynchronmotor, einem Einphasenstrom-Generator mit Schwungrad und einem Gleichstrom-Generator, welcher letzterer in Verbindung mit einer Akkumulatorenbatterie arbeitet, um eine möglichst gleichmässige Belastung auf der Drehstromseite zu erreichen. Die Batteriepufferung wird durch Schlupfregulierung, also Tourenvariation, bewirkt; zur Unterstützung der Pufferwirkung sind ausserdem Survolteur-Devolveur-Gruppen vorhanden.

Die Lage dieser Einphasenenergiequelle war massgebend für das Ausbauprogramm der Elektrifizierung. Es wurden zunächst an diese bestehende Umformerstation so viele Strecken als möglich angeschlossen,

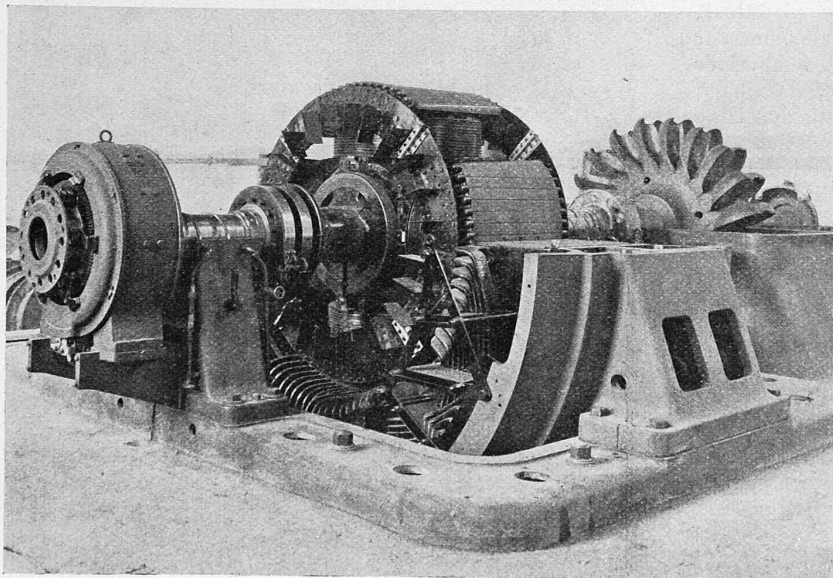


Abb. 4. Einphasenstrom-Generator von 2400 kVA im Kraftwerk Küblis.

wobei die verhältnismässig grosse Leistung der Anlage für die Engadinerlinien und die eingetretene Verkehrsreduktion eine recht bedeutende Ausdehnung erlaubten. Als zunächst nur einseitig von Bevers aus gespiesene Strecken sind in allmählichem Ausbau bis Februar 1921 ausser den Engadinerlinien die Strecken Bevers-Filisur-Thusis-Chur-Landquart (95,6 km) und die Abzweigung Filisur-Davos-Klosters (36,6 km) daran angeschlossen worden, wobei täglich fünf Zugspare auf den Hauptlinien und vier auf den Nebenlinien geführt wurden. Es zeigte sich hier überaus deutlich eine nicht zu unterschätzende Eigenschaft des Einphasensystems, nämlich die der grossen Flexibilität dank der anwendbaren hohen Fahrdrachtspannung. Trotz Verwendung von relativ geringen Kupferquerschnitten (85 mm² Fahrleitung und 50 mm² Speiseleitung) blieb der Spannungsabfall innert der eben noch zulässigen Grenze, er erreichte im Maximum 30 %.

Natürlich trachtete die Verwaltung der Rh. B. schon bei Inangriffnahme der Elektrifizierung Bevers-Filisur (1918) darnach, sich weitere Energie für den elektrischen Betrieb ihrer Bahnlinien zu sichern. Der Bau eines eigenen Werkes schien dabei nicht angezeigt zu sein, denn einestheils waren die Gesteungskosten für neue Werke damals ausserordentlich hoch und andernteils ist der Energiebedarf einer Bahn nicht so gross, wie von der Allgemeinheit oft angenommen wird. So wird die Rh. B. nach vollendeter Elektrifizierung beim heutigen Verkehr rd. 9 000 000 kWh im Jahr benötigen, bei einem Verkehr entsprechend dem Jahre 1913 rd. 17 000 000 kWh. Dabei sind aber die Schwankungen im Energiebedarf recht bedeutende, sodass verhältnismässig grosse Anlagen zu erstellen sind und eine Akkumuliermöglichkeit bestehen muss. Dazu hätte die Versorgung des ganzen Netzes von einem einzigen Werk aus unbedingt Hochspannungs-Energieübertragung erfordert, was die Anlagekosten auch wieder erhöht hätte.

Im Jahre 1919 sind zwei Gesellschaften für den Ausbau der bündnerischen Wasserwerke gebildet worden, einerseits die auf gemeinwirtschaftlicher Basis gegründete A.-G. Bündner Kraftwerke in Chur, unter Beteiligung des Kantons, anderseits, als ein Konzern bestehender Werke, die Rhätischen Werke für Elektrizität in Thusis, dem die Kraftwerke Brusio, die A.-G. Motor, das E.-W. Lonza und das Syndikat für die Ausnützung graubündnerischer Wasserkräfte angehören. Es gelang der Verwaltung der Rh. B., mit beiden Gesellschaften Verträge für Einphasenenergie-Lieferung abzuschliessen. Die Bündner Kraftwerke liefern darnach ab ihrem Werk Küblis die Energie für die Strecken Küblis-Klosters-Davos-Filisur und Küblis-Landquart-Reichenau, während die Rhätischen Werke, die das Kraftwerk der E.-W. Lonza in Thusis und die Umformerstation Bevers der Brusiowerke übernahmen, von diesen zwei Speisepunkten aus die Engadinerlinien und die Strecken Bevers-Filisur-Bonaduz und Reichenau-Disentis mit Energie zu versorgen haben. Ein Blick auf das Uebersichtschema zeigt, wie ausserordentlich günstig für das Rh. B.-Netz diese drei Speisepunkte Bevers, Thusis und Küblis verteilt sind.

Das Kraftwerk Thusis der Rhätischen Werke, das am 6. September 1921 die Energielieferung an die Rh. B. aufnahm, wurde zu diesem Zwecke mit zwei Maschinen-Gruppen ausgerüstet (Abbildung 2), bestehend aus je einer 2300 PS-Francisturbine von J. M. Voith in Heidenheim und einem vierpoligen Einphasenwechselstrom-Generator der A.-G. Brown, Boveri & Cie., von 2000 kVA Leistung bei 500 Uml/min 16 $\frac{2}{3}$ Perioden und 11 000 Volt Spannung.

Bemerkenswert an der Anlage ist der Umstand, dass sie mit der Umformerstation Bevers, die mit variabler Periodenzahl arbeitet, direkt auf die Fahrleitung der Bahn parallel arbeiten muss. Die geringen Wasserakkumuliermöglichkeiten in Thusis und die Tatsache, dass dagegen Bevers grosse Akkumulatoren-Batterien besitzt, drängten von vorneherein dazu, die Reguliereinrichtungen so auszubilden, dass Thusis möglichst konstant und in erster Linie mit Wattstrom belastet wird, während Bevers mit seinen sehr reichlich dimensionierten Anlagen insbesondere grosse Belastungsschwankungen aufnimmt und wattofen Strom liefert. Die möglichst gleichmässige Belastung wurde durch Ausbildung der Turbinenregler in Thusis mit grossem Ungleichförmigkeitsgrad erreicht, die Regulierung des Leistungsfaktors geschieht durch automatische Spannungsregler von Brown, Boveri & Cie., die durch die wattofe Stromkomponente des nach Bevers führenden Feeders beeinflusst werden. Natürlich hat man es in der Hand, durch entsprechende Einstellung der Regler je nach Bedarf die Betriebsverhältnisse zwischen den Werken auch zu ändern.

Zur Begrenzung des Kurzschlussstromes ist jeder Generator mit einem automatischen Ueberstromregler versehen, der im Falle eines Kurzschlusses automatisch durch Einschalten eines Widerstandes in den Erregerstromkreis die Generatorspannung heruntersetzt, wodurch einerseits Maschinen und Schalter vor zu hohem Kurzschlussstrom geschützt werden, anderseits bei vorübergehenden Kurzschlüssen ein Abschalten eines Werkes überhaupt vermieden wird, die Anlagen also synchron weiterlaufen.

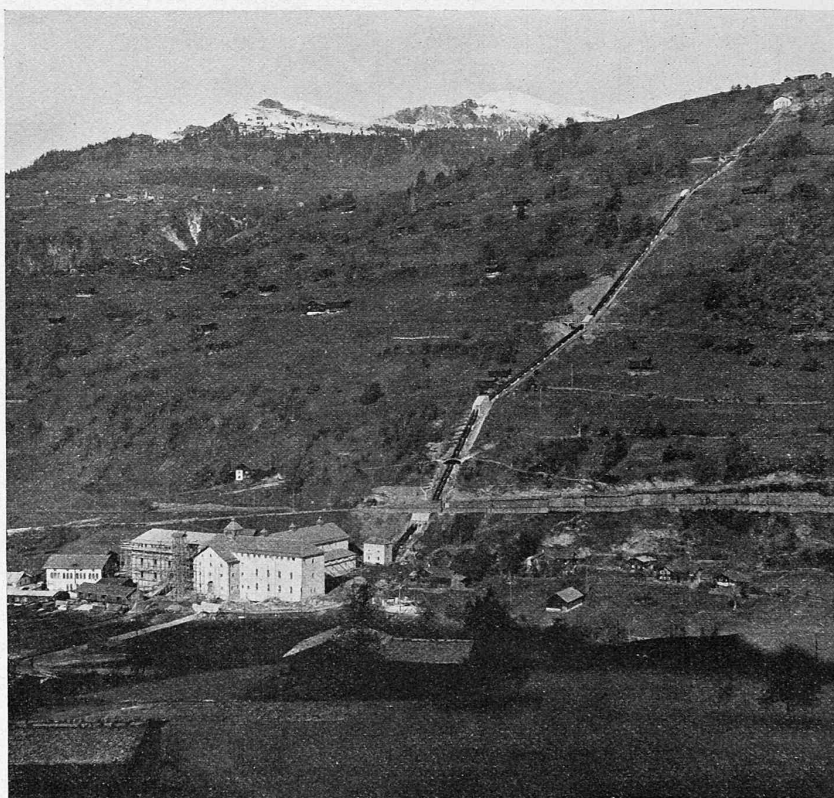
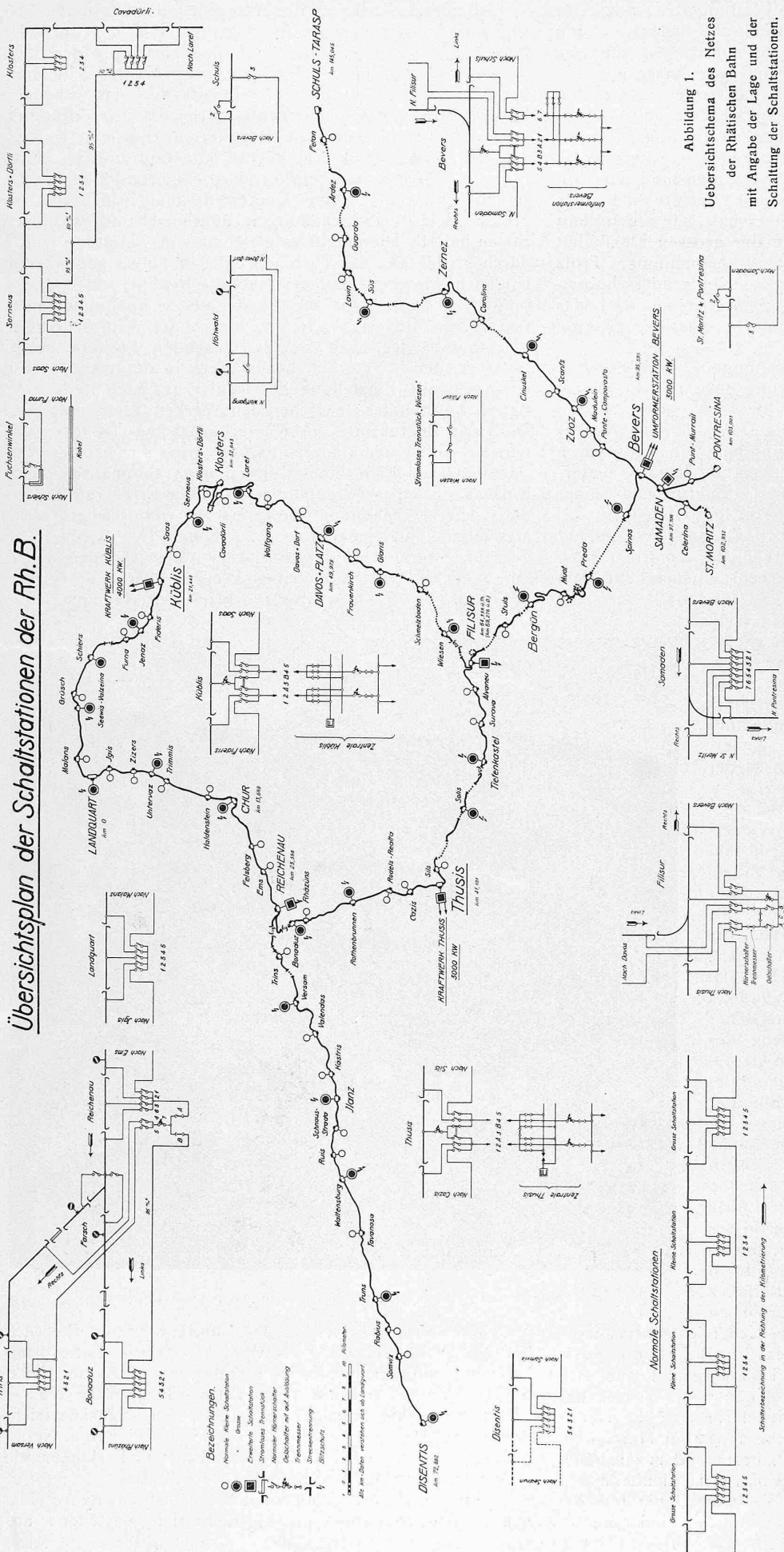


Abb. 3. Gesamtansicht des noch im Bau begriffenen Kraftwerks Küblis.

Das Kraftwerk Küblis der Bündner Kraftwerke (Abbildung 3) konnte am 7. November 1921 die Bahnstrom-Lieferung aufnehmen. Es ist hierfür die Anlage am Schanielabach in erster Linie ausgebaut worden, dessen Wasser in einem 3,28 km langen Freilaufstollen dem Tagesausgleichsbecken bei Plevigin von 30 000 m³ Inhalt bei 330 m Nettogefälle zugeführt wird¹⁾; der von Klosters herkommende Hauptstollen befindet sich z. Zt. noch im Bau.

Für die Lieferung von Bahnenergie ist eine hydro-elektrische Gruppe (Abbildung 4) in Betrieb, bestehend aus

¹⁾ Vergl. Band LXXVII, S. 127 u. ff. (19. März 1921).



einer Pelton-Turbine von 4600 PS bei 500 Uml/min der Firma Bell & Cie. in Kriens, die einen Einphasenstrom-Generator von 2400 kVA Dauerleistung bei 11 000 Volt und $16 \frac{2}{3}$ Perioden, gebaut von der S. A. des Ateliers de Sécheron in Genf, antreibt. Eine Drehstrom-Einphasen-Umformergruppe der Siemens-Schuckert-Werke von der gleichen Leistung, zur Unterstützung obigen Generators, wird in Betrieb kommen, sobald auch die Drehstromanlage des Kraftwerkes fertig erstellt ist. Der Dreiphasen-Asynchronmotor dieser Umformergruppe erhält ähnlich wie die Umformer in Bevers einen Schlupf Widerstand zur Tourenregulierung, sodass hier eine elastische elektrische Kupplung zwischen dem mit konstanter Frequenz von 50 Perioden arbeitenden Dreiphasennetz und dem mit starker Periodenvariation (15 bis 18 Perioden) arbeitenden Einphasennetz erreicht wird.

Zur Abbremsung von Rekuperations-Energie, falls keine bergfahrenden Züge verkehren sollten, wird am Turbinenaggregat die auch zum Stillsetzen der Gruppe angeordnete Bremsdüse benutzt, die bei Geschwindigkeits-Überschreitung nach dem Schliessen der Hauptdüse automatisch vom Zentrifugalschalter aus geöffnet wird, und ungefähr 500 kW abzubremesen gestattet. Der Motorgenerator ist ebenfalls im Stande, Rückgewinnungs-Energie aufzunehmen, da der Motor bei Überschreitung der normalen Drehzahl automatisch als Asynchrongenerator Energie ins Drehstromnetz zurückliefert. Durch selbsttätiges Steuern des Schlupf Widerstandes durch einen Zentrifugalschalter ist dafür gesorgt, dass eine verhältnismässig kleine Drehzahlserhöhung hierzu genügt.

Die Regulierungseinrichtungen der Einphasenanlage in Küblis entsprechen vollständig denjenigen der Einphasenanlage Thusis, sodass die Anlage entweder mit Thusis oder mit Bevers auf das Bahnnetz parallel arbeiten kann. Die Generatoren besitzen ebenfalls die bei der Anlage Thusis erwähnte Ueberstrom - Schutzvorrichtung.

II. Schaltanlage des Bahnnetzes.

Wenn Küblis mit Bevers und Thusis nicht parallel arbeitet, wird die grosse Schleife des Bahnnetzes zwischen Filisur und Wiesen (vergl. Abbildung 1) sowie zwischen Bonaduz und Reichenau, wo stromlose Trennstücke in die Fahrleitung eingebaut sind, geöffnet, sodass die Anlage Küblis die Strecke Reichenau-Chur-Landquart-Davos-Wiesen, die Anlagen Thusis und Bevers, unter sich parallel arbeitend, das übrige Netz, einschliesslich der von Bonaduz aus über eine separate Speiseleitung mit Maximalautomat angeschlossenen Strecke Reichenau-Disentis, versorgen. Bei Parallelbetrieb aller drei Werke kann eine der beiden Trennstellen offen gelassen werden.

Die stromlosen Trennstücke sind so lang bemessen, dass beim Fahren mit zwei hintereinander gekuppelten Lokomotiven keine Ueberbrückung zwischen zwei getrennt gespeisten Bezirken hergestellt werden kann. Sie sind auf horizontale Stellen der Bahn verlegt worden (die bei der Rhätischen Bahn nicht gerade häufig sind) wodurch es möglich wird, sie stromlos zu durchfahren, ohne dass ein Steckenbleiben zu befürchten ist.

Besondere Sicherheitsmassnahmen mussten an den Speisepunkten der Kraftwerke getroffen werden, um zu vermeiden, dass beim Herausfallen eines der beiden Feeder-Schalter, wodurch der Parallelbetrieb mit dem nächsten Kraftwerk aufgehoben wird, zwei nicht synchron gespeiste Strecken überbrückt werden. Das Nächstliegende wäre auch hier gewesen, stromlose Trennstücke in die Leitung einzubauen, doch liessen sich in der Nähe der Speisepunkte keine geeigneten horizontalen Strecken finden. Es ist dann die im Schema Abbildung 5 dargestellte Anordnung gewählt worden, bei der vor dem Ueberfahren einer solchen Trennstelle die ganze Stationsanlage automatisch ausgeschaltet wird, diese dann also die Funktion des stromlosen Trennstückes übernimmt. Hierzu wurde auf der Station ein automatischer Freiluft-Oelschalter (Schalter 3 im Schema) montiert, über den die Speisung der ganzen Stations-Fahr-

leitungsanlage erfolgt. Mittels der beiden davorliegenden, miteinander verriegelten Hörnerschalter A und B kann die Stationsfahrleitung an den einen oder andern der beiden vom Kraftwerke kommenden, nach den beiden Richtungen speisenden Feeder angeschlossen werden. Das Auslöse-Relais des Freiluftölschalters wird durch die vor und hinter

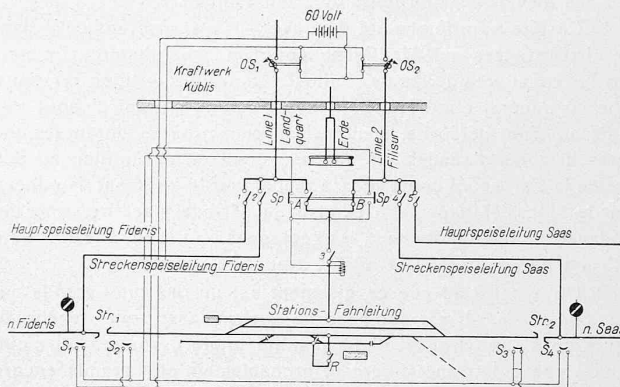


Abb. 5. Schema der Sicherheitschaltung am Speisepunkt Küblis.

OS₁, OS₂ Oelschalter mit Maximalstrom-Auslösung im Kraftwerk Küblis; 1, 2, 4, 5, A, B Hörnerschalter auf der Station; 3 Oelschalter mit Auslöse-Relais auf der Station; Sp Sperrschalter in mechanischer Abhängigkeit mit Schalter A und B: Hörnerschalter offen, Sperrschalter geschlossen (die Schalter A und B sind nie gleichzeitig eingeschaltet); Str₁, Str₂ Streckentrennung beim Einfahrtsignal; R Rampenschalter.

den Streckentrennungen liegenden Quecksilber-Schienenkontakte S₁ und S₂ beim Ueberfahren durch einen Zug betätigt, sobald einer der beiden Feederschalter OS₁ oder OS₂ im Kraftwerk ausgelöst hat, also seinen zugehörigen Hilfskontakt geschlossen hält, und wenn gleichzeitig die Stellung der Hörnerschalter A und B derart ist, dass die Stationsleitungen an den Feeder gelegt sind, der nach der, der zu überfahrenden Streckentrennung entgegengesetzt liegenden Seite speist.

Die im übrigen für das ganze Netz gültige Schaltung der Fahr- und Speiseleitung ist im Uebersichtsplan (Abbildung 1) links unten dargestellt; sie entspricht der seinerzeit schon im Engadin gewählten Ausführung. Parallel zur Fahrleitung mit 85 mm² Kupferquerschnitt ist eine Speiseleitung von 50 mm² Kupferquerschnitt geführt, wo immer möglich, oder wo es nicht gegeben war Abkürzungen zu machen, am Gestänge der Fahrleitung montiert. Aus der Darstellung ergibt sich ohne weiteres die Abschaltmöglichkeit der einzelnen Fahrleitung- und Speiseleitung-Strecken.

Die Ausbildung der Schalter als Hörnerschalter ist, da sich solche als vollkommen genügend erwiesen haben und weil sie ganz wesentlich billiger sind als Oelschalter, für das ganze Netz beibehalten worden. Nur die automatischen Schalter (die oben genannten an den Kraftwerk-Speisepunkten und für die in Reichenau abzweigende Linie nach Disentis, sowie die in Filisur, als die Speisung noch von Bevers aus allein erfolgte, für die Abzweigung installierten) sind als Oelschalter gebaut worden. Gemauerte Schalthäuschen für die Unterbringung der Schalter und Blitzschutzapparate, die im Engadin für die grossen Schaltstationen durchwegs und auf den Strecken Bevers-Thusis und Filisur-Davos, soweit es sich um Orte mit ungünstigen Schneeverhältnissen handelte, erstellt wurden, sind später ganz erspart worden¹⁾; es kamen nur noch im Freien am Gestänge montierte Schalter zur Verwendung, wobei auch für Oelschalter eine Spezialkonstruktion der Firma Sprecher & Schuh für Montage im Freien, teils mit eingebautem Heizwiderstand, gewählt wurde. Abbildung 6 zeigt eine solche Schalteinrichtung, wie sie bei den Speisepunkten und in Reichenau zur Aufstellung kam. Im unten sichtbaren Blechkasten ist die Hörnerblitzschutzvorrichtung mit Widerstand untergebracht.

(Forts. folgt.)

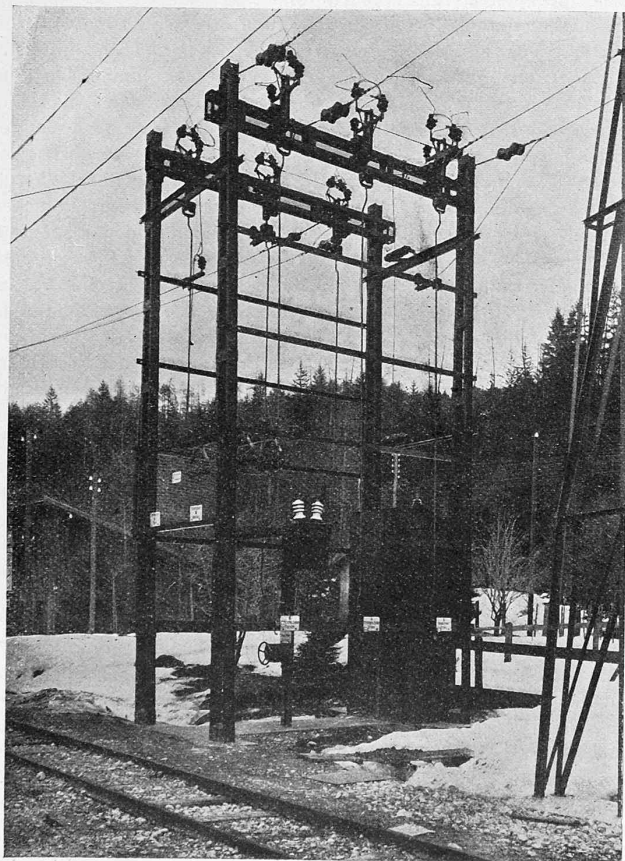


Abb. 6. Schaltgerüst mit Hörnerschaltern und automatischem Oelschalter bei der Abzweigstation Reichenau.

¹⁾ Was zwar mit Rücksicht auf das jeweilige Landschaftsbild sehr zu bedauern ist. Vergleiche unsere Fussnote auf Seite 219 von Bd. LXXV (15. Mai 1920) und die dortigen Bilder.