Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 78 (1960)

Heft: 32

Artikel: Aus der Projektierung für die Kraftwerkgruppe Hinterrhein: die elektrischen Einrichtungen

Autor: Schiller, Heinrich

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-64936

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

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

Nullpunkte einzuführen, weil es sehr fraglich ist, welche europäischen Pegel am ehesten dem Mittelwasser der Ozeane entsprechen. Hoffentlich lässt sich dieses Problem bald in zufriedenstellender Weise lösen, damit den Ländern die neuen internationalen Koten zur Verfügung gestellt werden können. Und hoffentlich wird es dann im Schlussbericht nicht mehr heissen, wie vor rund 60 Jahren, als eine erste Ausgleichung des europäischen Nivellementsnetzes durch Börsch unternommen wurde, der schweizerische Anteil am internationalen Netz gehöre zu den schwächsten Elementen; ein Urteil, das aus verschiedenen Gründen schon deshalb nicht richtig war, weil keinerlei Schwereduktionen in die Ausgleichung eingeführt worden waren.

Es wird sich dann für die Schweiz die Frage stellen, ob sie die Gebrauchshöhen, die man schon vor 50 Jahren als provisorisch ansah, ändern will, um ein einheitliches, modernes System zu erhalten. Dem Vorteil eines solchen Systems stehen natürlich grösste Nachteile gegenüber, weil jede Aenderung an den Grundlagen auf Jahre hinaus Unsicherheiten zur Folge hat. — Immerhin sei bemerkt, dass Frankreich bereits über die Art und Weise, wie Nivellementshöhen publiziert werden sollen, Beschluss gefasst hat, und zwar hat es sich zu einem System entschlossen, das dem der sogenannten Helmert-Höhen ähnlich ist. Bekanntlich hat sich unser Prof. *C. F. Baeschlin* seit Jahren für diese Art von Höhen eingesetzt. — Aus einer Notiz über die russischen Landesnivellemente geht hervor, dass der Staat dort bereits in den vierziger Jahren das System der Helmert-Höhen, allerdings unter anderm Namen, vorgeschrieben habe.

Ein weiteres Problem entsteht für die Schweiz durch den Entschluss der Internationalen Assoziation für Geodäsie, die europäischen Triangulations-Ländernetze zu einem einheitlichen Ganzen zu vereinigen. Eine erste Ausgleichung der europäischen Netze wurde in den Jahren nach dem Krieg vom amerikanischen Coast and Geodetic Survey durchgeführt. Sie befriedigte nicht, weil die erzielte Genauigkeit für einzelne Länder unter derjenigen lag, die den bestehenden Netzen ohne Zweifel innewohnte. Die neue Berechnung soll deswegen grundsätzlich wieder mit den bestehenden Ländernetzen erfolgen; notwendig sind zur Erzielung eines guten kontinentalen Netzes jedoch zusätzliche Messungen. Diese umfassen bessere Anschlüsse zwischen benachbarten Ländern, die Vermehrung der Laplace-Punkte und das Einlegen weiterer genauer Basislinien mit Vergrösserungsnetzen.

Was zunächst die besseren Anschlüsse zwischen den Ländern betrifft, so hat die Eidg. Landestopographie in den letzten Jahren das schweizerische Netz zweckmässiger als bisher mit den Netzen der Nachbarländer verbunden, namentlich längs der Bündner und Walliser Grenzen und im Raum Basel. Die Vermehrung der Laplace-Punkte soll in den nächsten Jahren in Angriff genommen werden: unser Land ist an solchen nicht gerade reich; wir besitzen als moderne Punkte ausser dem Nullpunkt nur die Rigi, und dieser Punkt ist noch nicht einmal ganz fertig beobachtet.

Von besonderer Bedeutung für die Schweiz ist nun aber die dritte Forderung, nämlich die Erstellung neuer Basen mit Basisvergrösserungsnetzen. Sie gab Anlass dazu, dass eine neue Basislinie in unserm Land im September 1959 gemessen wurde. Die Basis liegt im untern Rheintal in der Gegend von Heerbrugg und wird durch ein Vergrösserungsnetz auf die Seiten des Netzes erster Ordnung Säntis—Pfänder, Säntis—Hoher Freschen und Pfänder—Hoher Freschen übertragen. Zwei gewichtige Gründe lagen vor, um in diesem Gebiet eine neue Basis zu messen. Die erste bestand darin, dass die Netze der Länder Deutschland, Oesterreich und Schweiz im Raume des Bodensees und des untern Rheintals nicht sehr gut übereinstimmen. Diese Feststellung ist keineswegs neu, wollte doch schon in den Jahren 1880 bis 1885 die Basis Weinfelden nicht mit den Basen von Aarberg und von Bellinzona übereinstimmen. Man hat sie namentlich deshalb zur Mittelbildung mitverwendet, weil sie zufälligerweise recht gut mit der damals neu gemessenen Basis von Bonn zusammenstimmte.

Der zweite Grund ergibt sich aus dem Bedürfnis, zur Eichung von elektronischen Distanzmessgeräten über ausgezeichnete Prüfstrecken zu verfügen. Ein derartiges Netz mit vielen Prüfstrecken ist im Gebiet von München beobachtet und berechnet worden. Es wird sich zur Eichung von Geräten eignen, die im Flachland eingesetzt werden sollen. Im Gegensatz dazu soll das Basisvergrösserungsnetz Heerbrugg dazu dienen, Eichungen auch für Hochgebirgsverhältnisse vorzunehmen. Günstig ist dabei der Umstand, dass sich im Raum mehrere ständig betriebene meteorologische Stationen befinden.

Wie aus Bild 3 hervorgeht, liegt die Basis nicht in einer Geraden. Sie bildet vielmehr einen Polygonzug, so dass nicht nur die Strecke, sondern auch zahlreiche Winkel gemessen werden müssen. Die etwas ungewöhnliche Form der Basis ist darauf zurückzuführen, dass man die Strecken soweit als möglich in der Horizontalen messen wollte und die einzelnen Stücke daher auf den Rheindamm legte.

Die Messung der 7,2 km langen Basisstrecke zwischen dem Montlingerberg und der Brücke von Diepoldsau geschah durch sechs Messgruppen, von denen Deutschland drei, Oesterreich zwei und die Schweiz eine stellte. Die Messung erfolgte im Hin- und Rückweg mit insgesamt 12 Invardrähten — ohne Reservedrähte — von 24 m Länge. Die gesamte Messung dauerte zwei Wochen. Durch ständige Thermometerablesungen, durch genaues Nivellement, durch Schweremessungen und Alignemente sollte höchste Genauigkeit erreicht werden. Der voraus berechnete mittlere Fehler für die 7,2 km lange Basisstrecke liegt bei $\pm$ 2,0 mm. Die Beobachtungsergebnisse, die allerdings noch nicht vollständig ausgewertet sind, lassen darauf schliessen, dass diese hohe Genauigkeit wahrscheinlich erreicht worden ist.

Die Winkelmessungen auf den in Bild 4 eingetragenen Punkten erfolgte durch schweizerische und österreichische Gruppen. Es wurden Winkel nach dem Sektorverfahren beobachtet. Die mittleren Fehler liegen zwischen 0,08″ und 0,26″ und zwar gehören die tiefen Werte zu den hochgelegenen und die hohen Werte zu den tief liegenden Punkten, was zu erwarten war. Im Jahr 1961 sollen auf allen Punkten noch astronomische Beobachtungen und teilweise Schweremessungen durchgeführt werden, um die an der Erdoberfläche gemessenen Winkel auf das Rechnungsellipsoid überzuführen. Es ist zu erwarten, dass die endgültige Berechnung, die frühestens im Jahre 1961 abgeschlossen sein kann, die Längen der drei Seiten erster Ordnung mit mittleren Fehlern von der Grössenordnung von $\pm$ 4 cm geben wird.

Aus der Projektierung für die Kraftwerkgruppe Hinterrhein

Motor-Columbus AG., Baden

Die elektrischen Einrichtungen

DK 621.311.21

Von **Heinrich Schiller**, dipl. El.-Ing. ETH

Fortsetzung von Seite 486

Wie früher erwähnt, besteht die Kraftwerkgruppe Hinterrhein aus drei Werken, die auf der Wasserseite in Serie geschaltet sind. Es sind dies, dem Wasserlauf von oben nach unten folgend:

1. das Kraftwerk Ferrera mit drei Einheiten von je 63 MW bzw. 70 MVA. Bei zwei Einheiten ist auf der gleichen Welle noch eine Pumpe montiert, die vom Hauptgenerator als Synchronmotor angetrieben wird. Jede Pumpe fördert 3,4 m³/s über max. 497 m Förderhöhe und nimmt dabei eine Leistung von 23 MW auf. Die dritte Einheit kann später ebenfalls mit einer Pumpe ausgerüstet werden. Zwei Zubringerpumpen von 2,0 MW oder 2,6 MVA Aufnahmeleistung versorgen die Hauptpumpen.Die Generatoren sind in Blockschaltung mit den zugehörigen Transformatoren von 70 MVA Leistung verbunden, die die Energie auf 220 kV transformieren.

2. das Kraftwerk Bärenburg mit vier Einheiten von je 57,6 MW bzw. 64 MVA Leistung. Die Generatoren sind mit den zugehörigen Transformatoren, die die erzeugte Energie auf 220 kV transformieren, in Blockschaltung verbunden.

3. das Kraftwerk Sils. Es weist vier Turbinen/Dreiphasen-Generatoren-Gruppen von je 57,6 MW bzw. 72 MVA Leistung und zwei Turbinen/Einphasen-Generatoren-Gruppen von je 2,6 MW bzw. 3,5 MVA-Leistung auf, die auf 4,5 MW bzw. 5 MVA überlastbar sind.

Je zwei Dreiphasen-Gruppen arbeiten auf separate 72 MVA-Wicklungen einer Drehstrom-Transformatoren-Gruppe, welche die erzeugte Energie auf 220 oder 380 kV transformiert, wobei die Oberspannungsseiten in Autoschaltung ausgeführt sind mit Regulierung unter Last auf der 220 kV-Seite. Die Leistung der 220 kV-Seite beträgt 280 MVA, diejenige der 380 kV-Seite 400 MVA.

Die Einphasen-Gruppen arbeiten in Blockschaltung auf je einen Einphasen-Transformator, der die Energie auf die Fahrdrahtspannung der Rhätischen Bahn von 11 kV transformiert und in der Nähe der Station Sils in das Netz der Rhätischen Bahn einspeist.

Disposition der Hochspannungsanlagen

In den beiden oberen Werken wird die Energie auf 220 kV transformiert und mit dieser Spannung weggeleitet. Die Verhältnisse für die Höchstspannungsverbindungen der Kraftwerke untereinander und mit den Partnernetzen sind im Schema Bild 1 dargestellt. Die 220 und 380 kV-Anlagen sind, wie ersichtlich, so disponiert, dass sie mit einem Doppelsammelschienen-System mit Kuppelschalter ausgerüstet werden können, wobei aber im Kraftwerk Ferrera bei der 220 kV-Anlage und im Kraftwerk Sils bei der 380 kV-Anlage vorerst nur je eine Schiene ausgebaut werden.

Das Kraftwerk Ferrera ist mit dem Kraftwerk Bärenburg durch eine 220 kV-Leitung verbunden. Es besteht die Möglichkeit, später eine 220-kV-Leitung von Ferrera über den Emet-Pass nach Italien zu führen. Um alsdann die Energie im Separatbetrieb exportieren zu können, sind für später zwei Sammelschienen-Systeme vorgesehen.

Vom Kraftwerk Bärenburg gehen zwei 220 kV-Leitungen nach dem Kraftwerk Sils. Die Schaltanlage ist von Anfang an mit zwei Sammelschienen und einem Kuppelschalter ausgerüstet, um zwei getrennte Betriebe führen zu können.

An die 220 kV-Schaltanlage Sils können elf 220 kV-Leitungen und vier Transformatoren-Felder angeschlossen werden. Dazu ist ein Kuppelschalter vorhanden. Die Vielzahl der Leitungen und die Geländeform bedingten, dass eine Schiene als U-Schiene ausgeführt werden musste, um die Leitungen von beiden Seiten einführen zu können. Von den elf Leitungen gehören vier zum Netz des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich (EWZ), ebenso ein Transformator. Um nun im Störungsfalle den Betrieb des EWZ von den übrigen Betrieben trennen zu können, sind in zwei Sammelschienen Längstrenner eingebaut.

Eine Eigentümlichkeit der 220 kV-Anlage in Sils besteht darin, dass in jedem 220 kV-Anschluss (Leitungen und Transformatoren) ein Ueberbrückungstrenner vorhanden ist, der gestattet, den Leitungsschalter zu Revisionen ausser Betrieb zu nehmen, ohne die Leitung zu unterbrechen. Um den Einbau dieses Trenners auf einfache Art zu ermöglichen, wurden neben zweisäuligen Drehtrennern auch Pantographentrenner eingebaut.

Alle 220 kV-Anlagen sind in Halbhochbauweise ausgeführt, d. h. die Apparate (Schalter, Trenner, Messwandler) sind auf Gerüsten aufgestellt, so dass man sich in der ganzen Anlage frei bewegen kann. Die Sammelschienen sind an Hochgerüsten abgespannt, ebenso die Abgänge der Leitungen und Transformatoren.

In den Anlagen von Ferrera und Bärenburg ist pro Feld des Hochgerüstes nur ein 220 kV-Anschluss vorgesehen, wäh-

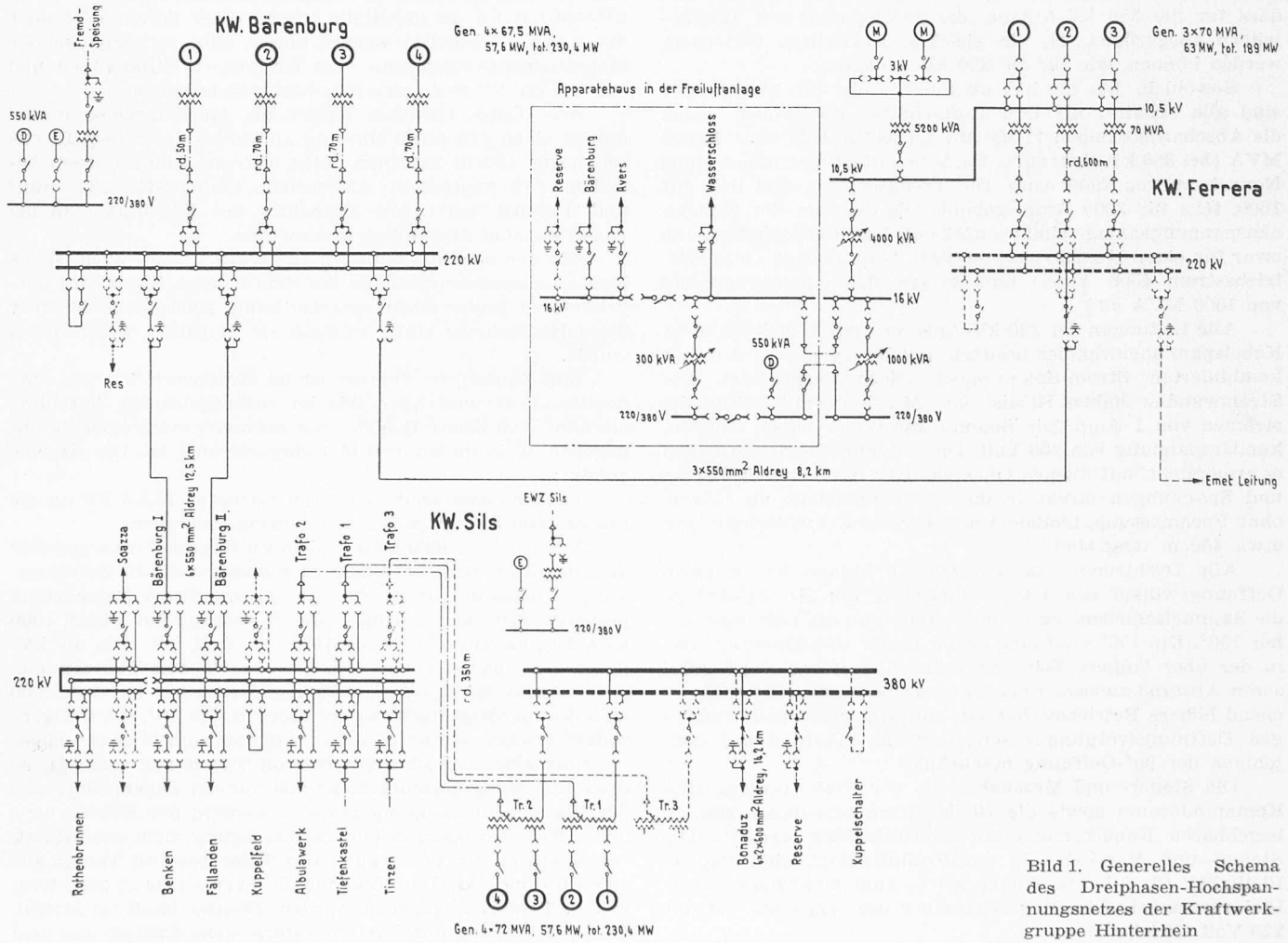


Bild 1. Generelles Schema des Dreiphasen-Hochspannungsnetzes der Kraftwerkgruppe Hinterrhein

rend es in Sils deren zwei sind. Dies bedingt, dass in Sils eine Feldteilung von 29 m nötig wurde, während man in Ferrera und Bärenburg mit 15 m auskam. In diesen Anlagen konnten deshalb durchwegs, auch für die horizontalen Riegel, Vollwandprofile verwendet werden, während in Sils für die horizontalen Riegel von 29 m eine Fachwerkkonstruktion gewählt werden musste. Die 380 kV-Anlage in Sils wird eine Feldteilung von 26 m aufweisen.

Allen 220 kV-Anlagen gemeinsam ist, dass der Anschluss der 220 kV-Seite der Transformatoren mittels 220 kV-Oelkabel vorgenommen wird. In Sils sind überdies zwei 220 kV-Leitungen ebenfalls über 220 kV-Oelkabel in die Anlage eingeführt. Alle Oelkabel der Anlage Sils sind mit kapazitiven Kabelspannungswandlern mit Leistungen bis 220 VA in Klasse 0,2 ausgerüstet.

Die Apparaturen und Isolatoren der Freiluftanlagen entsprechen den schweizerischen Koordinationsregeln. In den 220 kV-Anlagen kommen für die Abspannung der Seile zwei Langstab-Isolatoren zur Anwendung, in der 380 kV-Anlage deren drei.

In der 220 kV-Anlage Sils sind die Sammelschienen als Bündelleiter 2 × 550 mm² Aldrey ausgebildet, in den oberen Werken hingegen nur als Einfachleiter 550 mm² Aldrey. Dies hat seinen Grund darin, dass die Ströme in Sils bedeutend höher sind (bis 2000 Amp.) und dass dort auch die 220 kV-Leitungen zum Teil mit Bündelleitern ausgerüstet sind, um ihre Uebertragungsfähigkeit zu erhöhen.

Im Gegensatz zu den 220 kV-Anlagen sind in der 380 kV-Anlage die Sammelschienen als Rohre aus Aldrey auf die Sammelschienentrenner abgestützt, also nicht als Seilkonstruktion an Hochgerüsten abgespannt. Dadurch spart man rd. 10,5 m an Gerüsthöhe ein; die Anschlüsse der Leitungen und Transformatoren sind auch hier, wie in den 220 kV-Anlagen, an Hochgerüsten abgespannt.

Alle Armaturen für Seile, Apparateanschlüsse und Abspannisolatoren sind besonders auf Radiostörfreiheit ausgebildet, wobei sich durch entsprechende Versuche gezeigt hat, dass für die 380 kV-Anlage, die durchgehend mit Bündelleitern ausgerüstet ist, die gleichen Armaturen verwendet werden können, wie für die 220 kV-Anlagen.

Sowohl in den 220 kV- als auch in den 380 kV-Anlagen sind alle Schalter als Druckluftschalter ausgebildet, wobei die Abschaltleistungen 11 500 MVA (bei 220 kV), bzw. 12 000 MVA (bei 380 kV) betragen. Beide Schaltertypen haben einen Nennstrom von 2000 Amp. Die Trennschalter sind teils für 1000, teils für 2000 Amp. gebaut. Die Schalter der Maschinenspannungsanlage sind ebenfalls als Druckluftschalter, und zwar für einen Nennstrom von 6000 Amp. gebaut (max. Betriebsstrom 4500 Amp.) und weisen eine Abschaltleistung von 1500 MVA auf.

Alle Leitungen der 220 kV-Anlagen sind, soweit sie nicht Kabelspannungswandler besitzen, mit Messgruppen, d. h. mit kombinierten Strom-Spannungswandlern ausgerüstet. Die Stromwandler haben Relais- und Messkern mit Sekundärströmen von 1 Amp. Die Spannungswandler haben eine Sekundärspannung von 200 Volt. Diese Sekundärgrössen haben es ermöglicht, mit kleinen Querschnitten die Sekundärströme und Spannungen direkt in die Kommandostelle zu führen, ohne Fernmessung, trotzdem die längsten Sekundärleitungen etwa 450 m lang sind.

Alle Drehtrenner in der 220 kV-Anlage haben einen Oeffnungswinkel von 150°, während in der 380 kV-Anlage die Sammelschienentrenner 90° öffnen und die Leitungstrenner 150°. Die 150°-Oeffnung ergibt in der Offenstellung, also in der über längere Zeit andauernden Stellung einen grösseren Abstand zwischen den Phasen und damit eine entsprechend höhere Betriebssicherheit; nur während des kurzzeitigen Oeffnungsvorganges selbst ist der Abstand auf denjenigen der 90°-Oeffnung beschränkt.

Die Steuer- und Messkabel von der Freiluftanlage zum Kommandoraum sowie die Höchstspannungsölkabel sind in begehbaren Kabelkanälen auf Eternittablare verlegt. Die Steuer- und Messkabel in der Freiluftanlage sind Papier-Bleikabel; für kürzere Stücke wurde zum Teil Thermoplast-Blei verwendet. Die Steuerspannung der Apparate beträgt 220 Volt Gleichstrom.

Ausbildung der Anlagen für die Eigenbedarfsversorgung

Es wurde angestrebt, den Eigenbedarf der grossen Kurzschlussleistung wegen nicht ab der Generatorschiene zu versorgen, sondern von einer besondern Hausturbine; als Reserve wurde ein Dieselaggregat vorgesehen. Nach diesem Prinzip ist die Eigenbedarfsversorgung im Kraftwerk Bärenburg vorgesehen, wo zudem, wie in Ferrera, die Möglichkeit besteht, im Störungsfalle Energie aus dem Talnetz zu beziehen.

Im Kraftwerk Ferrera hätte die Aufstellung einer hydraulischen Eigenbedarfs-Gruppe grosse Kosten verursacht; zudem mussten, wie später gezeigt werden wird, auch die Zubringerpumpen mit 5200 kVA gespeist werden, so dass nach eingehendem Studium eine Generator-Hilfsschiene für die Versorgung des Eigenbedarfs und der Zubringerpumpen gewählt wurde. Hier ist also die Speisung der Nebenbetriebe direkt mit dem Hauptbetrieb gekuppelt, und es müssen für diese Kupplung auch die Schalter eine entsprechend grosse Abschaltleistung besitzen. Diese Anlage wird unter dem Titel «Maschinenspannungsanlagen» näher beschrieben.

In Sils ist ebenfalls eine Hausturbine vorhanden, von der normalerweise der Eigenbedarf versorgt wird. Rund 200 m vom Kraftwerk Sils entfernt ist das Kraftwerk Albula des EWZ. Von diesem aus wude nun eine Reservespeisung des Eigenbedarfs in 7 kV mit entsprechendem Reguliertransformator 7/0, 22÷0, 38 kV vorgesehen, so dass auf eine Dieselgruppe verzichtet werden konnte. Es ist auch eine 220/380 Volt-Kabelverbindung zwischen den Werken vorgesehen für die Uebertragung einer beschränkten Leistung.

Die Maschinenspannungsanlagen

In diesen wurde möglichst die einfache Blockschaltung angestrebt. Die Haupttransformatoren-Gruppen bestehen aus je drei Einphasen-Einheiten, und in jedem Kraftwerk ist eine Reserve-Einheit vorhanden. Es wurde die Forderung gestellt, dass diese Reserve-Einheit über Trennerschaltung auf der Maschinenseite und Schlaufenschliessen auf der 220 kV-Seite rasch an die Stelle irgend einer defekten Einheit der Anlage geschaltet werden könne. Dies bedingte auf der Maschinenspannungsseite eine Dreiphasen-Hilfsschiene und auf der 220 kV-Seite eine Einphasen-Hilfsschiene.

Aus diesen Gründen nimmt die Maschinenspannungsanlage einen grösseren Umfang an als bei der reinen Blockschaltung, indem Schienen nötig werden. Alle Schienen bestehen aus gepressten Al-Profilen (Doppel-E 6068,2 mm² und H 3800,6 mm²). Mit Ausnahme der Anschlüsse an die Apparate sind alle Stösse geschweisst.

Auf den oben angeführten einfachen Grundsätzen ist die Maschinenspannungsanlage des Kraftwerkes Bärenburg aufgebaut; es findet normalerweise keine Energieabgabe über diese Hilfsschiene statt, weshalb sie in Bild 1 weggelassen wurde.

Eine ebensolche Schiene ist im Kraftwerk Ferrera vorhanden. Dort wird aber, wie im vorhergehenden Abschnitt erwähnt, von dieser Schiene aus normalerweise Energie abgegeben, weshalb sie in Bild 1 eingezeichnet ist. Die Abgabe erfolgt:

1. über einen 5200 kVA-Transformator 10,5/3 kV an die beiden 2600 kVA-Motoren der Zubringerpumpen;

2. über einen 4000 kVA 10,5/16 kV-Reguliertransformator an eine 16 kV-Schiene. Von dieser wird sowohl die Talversorgung (Umgebung des Kraftwerkes) als auch der Eigenbedarf gespeist. Für diesen erfolgt die Speisung über einen 1000 kVA-Reguliertransformator 16/0, 38—0,22 kV. Die 16 kV-Schiene ist normalerweise aufgetrennt in den Teil mit den Anschlüssen der Talversorgung und denjenigen mit dem 4000 kVA-Kuppel-Reguliertransformator 10,5/16 kV, dem Eigenbedarf-Transformator und dem Abgang zum Wasserschloss. Im Normalbetrieb wird das Tal von Thusis aus versorgt, so dass von der Generatorschiene aus nur der Eigenbedarf und der Wasserschlossabgang gespeist werden; der Betrieb wird daher von Störungen in der Talversorgung nicht beeinflusst.

Sollte in der Versorgung des Talnetzes von Thusis aus eine Störung eintreten, so können in Ferrera bis zu 3000 kVA in das Talnetz abgegeben werden. Ebenso kann im Notfall bei einer Störung auf der Generatorschiene Energie aus dem

Talnetz über den 1000 kVA-Eigenbedarfs-Transformator bezogen werden. Eine weitere Reserve für die Versorgung des Eigenbedarfs besteht in einer 500 kVA-Dieselgruppe, deren Generator die Energie direkt in 220/380 Volt abgibt. Der Anschluss des Transformators, der Zubringerpumpen sowie des 4000 kVA-Kuppeltransformators erfolgt über Leistungsschalter mit hoher Abschaltleistung (1500 MVA).

Auch in Sils bestehen die beiden Dreiphasen-Haupttransformatoren aus Einphasen-Einheiten, und auch hier ist eine Reserve-Einheit vorhanden, die über Trennmesser und Schlaufen anstelle jedes Einphasen-Transformators geschaltet werden kann. Hier, wie in den beiden oberen Werken, befindet sich die Schaltanlage jedes Generators in einem abgeschlossenen Raum, in welchen die Schienen aus den anderen Räumen mittels Durchführungen eingeführt werden. Diese Anordnung hat den Zweck, allfällige Kurzschlüsse auf die betreffenden Räume zu begrenzen.

Wie früher erwähnt, arbeiten zwei Generatoren auf getrennte Maschinenspannungswicklungen (10,5 kV) eines Transformators, was einen Leistungsschalter mit einer Abschaltleistung von 1500 MVA für jeden Generator nötig machte. Die 10,5 kV-Anlagen der beiden Generatoren sind nun so angeordnet, dass sie einschliesslich der Schienen und Zuleitungen zu den Transformatoren in vollständig getrennten Räumen untergebracht sind. Ein Kurzschluss in einer Einheit kann also nicht auf die andere übergreifen oder höchstens induktiv über den Transformator; die hohe Impedanz zwischen den beiden Generatorwicklungen der Transformatoren begrenzt jedoch den Kurzschlusstrom aus dieser Quelle.

Die Schutzeinrichtungen

Als Schutzeinrichtungen sind die heute als normal bekannten eingebaut, nämlich

1. Leitungen. Schnelldistanzschutz und Einperiodenrelais (letztere nicht bei allen Leitungen), Schnellwiedereinschaltung.

2. Transformatoren. Differentialschutz, Thermoschutz, Buchholzschutz; dazu die üblichen Alarmvorrichtungen für Oel- und Wasserumlauf, Temperaturmessung usw. Dazu ist in Sils, wo die Transformatoren im Freien stehen, eine Wasser-Vernebelungsanlage als Brandschutz eingebaut, während in Bärenburg und Ferrera, wo die Transformatoren im Kraftwerk bzw. in der Kaverne stehen, CO_2-Brandschutz vorgesehen ist.

3. Maschinenspannungs-Sammelschienen. Minimal-Impedanzschutz.

4. Generatoren. Differentialschutz, Windungsschlussschutz, Stator- und Erreger-Erdschluss-Schutz, Ueberstrom-/Thermoschutz, Maximal-Spannungsschutz, Schutz gegen Unterbrechung des Erregerkreises, Schutz gegen Selbsterregung.

5. Regler. Die Turbinenregler sind vom elektronischen Typ, um sie später im Zusammenhang mit einem Netzregler verwenden zu können. Als Generator-Spannungsregler wirken mechanische Hochleistungsregler mit Wälzsektor und Potentiometerschaltung, negative Stosserregung und Phasenwinkelregelung. Weiter ist vorgesehen, später zwei *Netzregler* einzubauen. Es wird ein Regulierverteiler eingebaut. In ihm werden von Leistungswerten, die entweder von aussen oder aus der Werkgruppe Hinterrhein selbst stammen, in beliebiger Kombination Summen oder Differenzen gebildet, die dann entweder als Regulierwerte an die eigenen Gruppen weitergegeben oder an andere Werke mittels Fernmessung übermittelt werden. Der Regulierverteiler ist im Endausbau für 28 örtlich gemessene Eingänge, für 10 Eingänge aus fremden Werken und für 9 Ausgänge nach fremden Werken sowie 5 Ausgänge auf das Regulierpult in Sils vorgesehen.

6. Ueberspannungsschutz. Die Transformatoren sind ober- und unterspannungsseitig mit Ueberspannungsableiter ausgerüstet, mit Ausnahme von Sils und Ferrera, wo sie infolge der langen 220 kV-Kabel auf der 220 kV-Seite weggelassen sind. An den Leitungen sind bei der Abspannung am Schaltanlagegerüst und auf den beiden folgenden Masten Grobschutz-Funkenstrecken eingebaut. Vom Einbau von Ueberspannungsableitern wurde Umgang genommen.

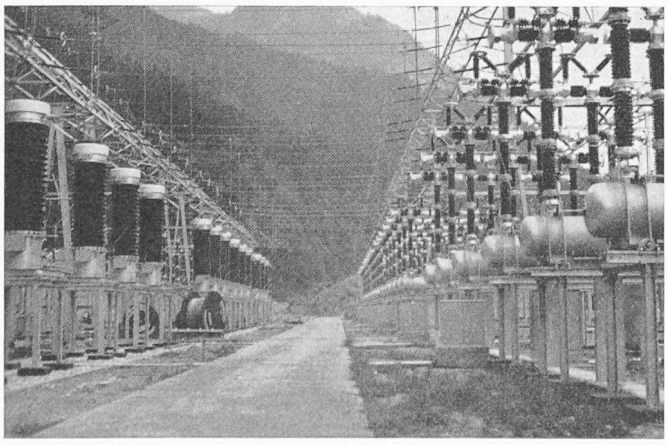


Bild 2. Blick in die 220-kV-Schaltanlage Sils. Rechts sind Druckluftschalter, links die Messgruppen

Kommando-Räume

Die Kommandoräume sind nach folgenden allgemeinen Gesichtspunkten ausgelegt: Schalter und Trennschalter werden von einer zentral gestellten, vertikalen Schalttafel aus gesteuert. Die Steuerschalter sind in ein Blindschema eingebaut, ebenso die zu den einzelnen Teilen gehörenden Anzeigeinstrumente. Vor der Steuertafel ist ein kombiniertes Schreib- und Regulierpult, von dem aus die Wirk- und Blindlast der Einheiten geregelt werden. Auf Nebentafeln werden zum Werk gehörende hydraulische Grössen angezeigt wie Seestand, Stand von Ausgleichbecken, Ueberfallhöhe bzw. Wassermenge in den Bachwasserfassungen. Ferner finden wir dort die Signalapparate.

Der Kommandoraum des Werkes Sils ist als Lastverteilerraum für die ganze Gruppe ausgebildet. Von ihm aus können die 220-kV-Anlagen der oberen Werke ferngesteuert und ebenso die Wirk- und Blindleistungen jeder Gruppe von Sils wie von den oberen Werken eingestellt werden. In Betrieb gesetzt werden aber die Gruppen in den betreffenden Werken selber. Für später ist eventuell der automatische Anlauf der Gruppen der oberen Werke von Sils aus vorgesehen.

Fernmessung und Fernsteuerung

Um die Regulierungen von Sils aus richtig vornehmen zu können, müssen die entsprechenden Grössen, wie Wirk- und Blindleistungen der Gruppen und Leitungen nach Sils ferngemessen werden. Fernsteuerung und Fernmessung gehen über ein werkeigenes Telephonkabel, die Fernsteuerung als Zweidraht-Fernsteuerung, die Fernmessung teils nach dem rapidzyklischen System, teils über einen eigenen Kanal pro Wert, um z. B. Werte, die für die Regulierung der Turbinen gebraucht werden, dauernd auf das Regulierorgan zu übertragen. Auch die Fernmessung und Fernsteuerung der Bachwasserfassungen werden über werkeigene Kabel zu den entsprechenden Kraftwerken übertragen. Die Steuerspannung der Fernmessung beträgt 48 Volt Gleichstrom.

Telephonverbindungen

Die Telephonverbindungen zwischen den Werken gehen ebenfalls über das genannte Kabel. Als Reserve-Telephonverbindung besteht eine HF-Verbindung zwischen den Werken. Die meisten abgehenden 220 und 380 kV-Leitungen in Sils sind mit Telephonie und Fernmessung ausgerüstet; zum Teil gehen die HF-Verbindungen direkt von Sils, zum Teil wird das Stück Sils—Bonaduz in Sprechfrequenz in einem Fernmeldekabel überbrückt; in diesem Kabel werden auch die Fernmessungen übertragen. Von Bonaduz aus geht die Uebertragung dann in HF weiter.

Steuerung der Freiluftanlage in Ferrera

Da sich die Freiluftanlage beim Kraftwerk Ferrera in einer Distanz von 600 m von der Kaverne befindet, war es

nötig, für deren Steuerung vom Kommandoraum der Zentrale aus ebenfalls eine Fernsteuerung vorzusehen, die zum Teil die gleichen Elemente der Fernsteuerung von Sils aus benützt; ebenso werden die elektrischen Grössen aus der Freiluftanlage mittelst Fernmessung nach der Zentrale übertragen, und zwar in diesem Falle mittelst Kompensationsgebern.

In der Freiluftanlage ist ein kleines Apparatehaus vorhanden, in dem sich eine Nebenkommandostelle für die Freiluftanlage befindet. Bei Steuerung der Freiluftanlage von dieser Stelle aus ist die Steuerung sowohl aus der Zentrale, als auch von Sils blockiert. Das selbe trifft zu, wenn von der Zentrale aus gesteuert wird. Wird hingegen von Sils aus ferngesteuert, so sind die Steuerungen in Ferrera blockiert.

Im Apparatehaus der Freiluftanlage Ferrera befindet sich ebenfalls ein Eigenbedarfstransformator 16/0,22÷0,38 kV zur Versorgung der Freiluftanlage; ferner ist hier auch die 16 kV-Anlage für die Talversorgung, die früher erwähnt wurde, untergebracht. Die Dieselnotstromgruppe ist ebenfalls in diesem Hause aufgestellt, sowie eine 220 kV-Gleichstrombatterie.

Kirchliche Bauten «Heiligfeld», Brahmsstrasse, Zürich 3

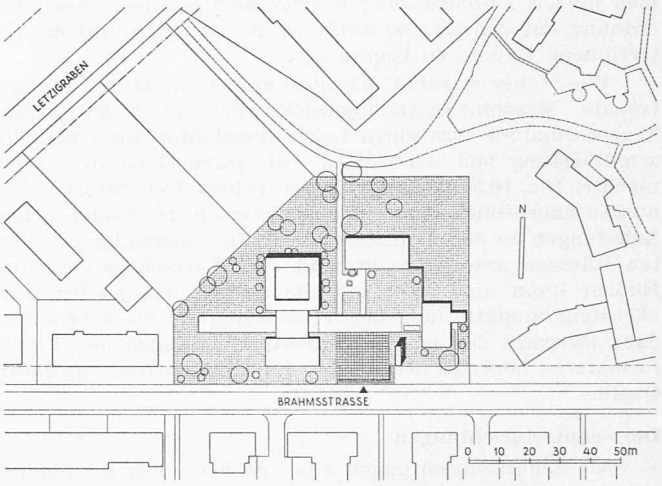
DK 726

Ausführungsprojekt, Sommer 1960

Architekt **Jacob Padrutt,** Zürich

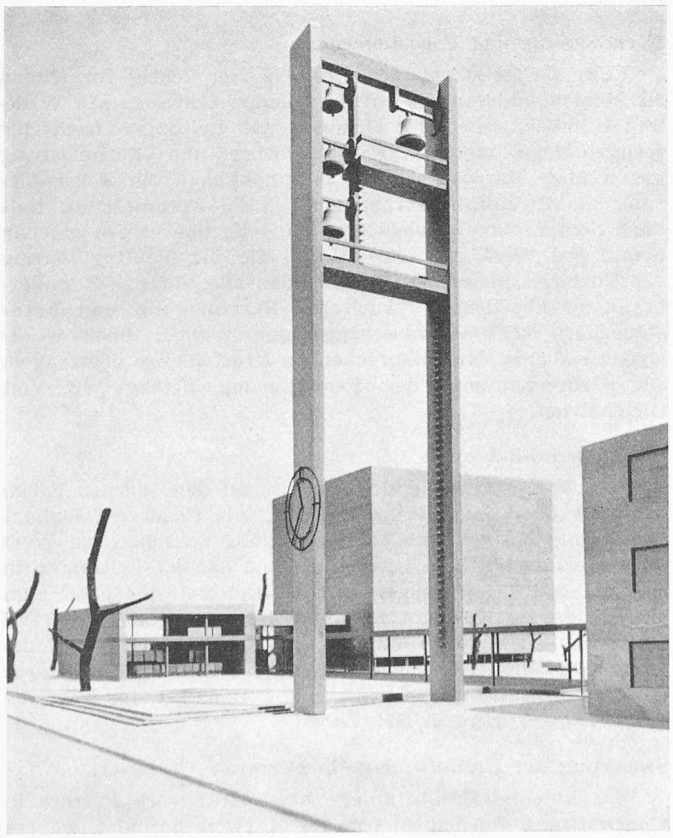
Die Situierung der Baukörper und ihre gegenseitige kubische Proportionierung ist so gewählt, dass die Neubauten trotz eigenständiger architektonischer Gestaltung mit den *beiden bestehenden Bauten,* dem Unterrichtsgebäude und dem Pfarrhaus, zu einer Einheit zusammengeschlossen werden. Der Glockenträger betont den Hauptzugang und bildet den optischen Abschluss des Kirchplatzes gegen das Pfarrhaus. Die eingeschossige Anlage enthält neben dem 350 Personen fassenden Kirchenraum einen Saal mit 150 Sitzplätzen, ein Pfarrzimmer, ein Tischmagazin sowie Toiletten und Garderobe für die Saalbenützer. Das mit Senkwänden versehene Foyer dient als Erweiterung der Kirche bzw. des Saales bei besonderen Anlässen.

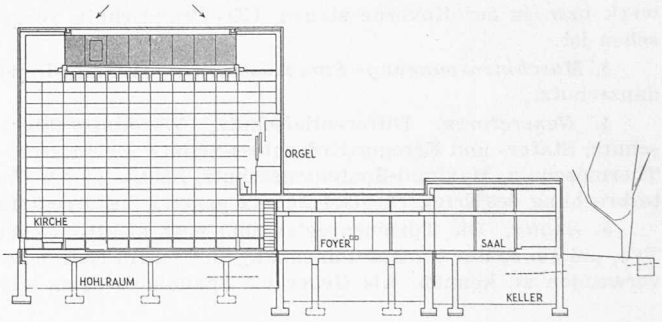
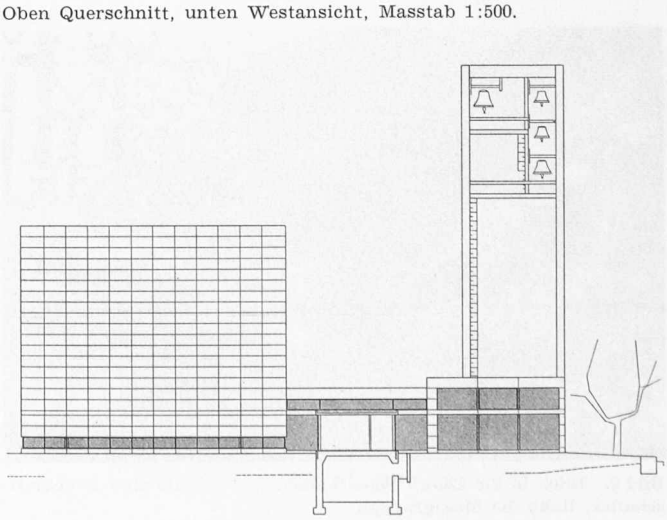
Der Kirchenraum ist quadratisch und weist eine grosse Höhe auf. Die Plätze sind konzentrisch um den Abendmahltisch, der gleichzeitig auch die Funktion der Kanzel übernimmt, angeordnet. Eine kleine Empore auf der Rückseite bietet Platz für die 19 Register fassende Orgel. Der Raum wird mittels eines hochliegenden, ringsumlaufenden, von den Fassaden rückspringenden Fensterbandes indirekt und blendungsfrei belichtet. Das direkt über dem Fussboden dreiseitig angeordnete Fensterband stellt die Verbindung zum Aeussern her und hellt die untere Raumpartie auf; hinter dem Abendmahltisch ist eine farbige Verglasung gedacht.



Lageplan 1:2500 der kirchlichen Gebäudegruppe

Das Dachgesimsband der niedrigen Annexbauten wird in das Foyer, den Saal und in den Kirchenraum hineingezogen. Im Kirchenraum werden an diesem Band in rhythmischer





Oben Querschnitt, unten Westansicht, Masstab 1:500.