

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 90 (1999)

**Heft:** 20

**Artikel:** Erneuerung der 220-kV-Freiluft-Schaltanlage Sils i. D.

**Autor:** Fisch, Willy A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-901994>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.03.2025

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

# Erneuerung der 220-kV-Freiluft-Schaltanlage Sils i. D.

Das anspruchsvolle Projekt der umfassenden Erneuerung der 220-kV-Freiluft-Schaltanlage Sils im Domleschg der Kraftwerke Hinterrhein AG konnte im vorgegebenen Zeitrahmen, mit tieferen als den vorgesehenen Kosten, unfallfrei und ohne Betriebsausfälle abgewickelt werden. Es darf heute ein störungsfreier Einsatz von wiederum 20 bis 25 Jahren des Primärteils und von schätzungsweise 15 Jahren im Sekundärbereich erwartet werden. Ferner kann von einer höheren Betriebssicherheit sowie einem geringeren Instandhaltungsaufwand ausgegangen werden. Durch die Erneuerung entspricht die Anlage wieder dem aktuellen Stand der Technik sowie den heutigen Normen und gesetzlichen Anforderungen.

■ Willy A. Fisch

## Bedeutendste Höchstspannungs-Schaltanlage in der Südostschweiz

Die 220/380-kV-Schaltanlage in Sils (Bilder 1 bis 4) ist die bedeutendste Höchstspannungs-Schaltanlage in der Südostschweiz. Der grösste Teil der Energie, die im Kanton Graubünden produziert wird, ist auf den Sammelschienen in Sils aufgeschaltet. Von dort gelangt sie über weitere Transportleitungen in das schweizerische Höchstspannungsnetz.

Die Schaltanlage Sils hat somit eine bedeutende Stellung im nationalen Verbundnetz.

Über die gesamte Anlage (380 kV und 220 kV) fließen jährlich rund 9300 GWh. Dies entspricht 18,75% des schweizerischen Gesamtverbrauchs (49 600 GWh) oder 27,1% der in der Schweiz durch Wasserkraft erzeugten Energie (34 300 GWh). Allein über die 220-kV-Anlage werden etwa 2430 GWh umgesetzt. Die Anlagen werden von der Kraftwerke Hinterrhein AG (KHR) als Werkeigentümerin betrieben, unterhalten und erneuert. Inhaber der Felder sind die Eigentümer der eingeführten Leitungen.

Die 220-kV-Anlage besteht heute aus zwei Transformatorfeldern, acht Leitungsfeldern und einem Kupplungsfeld

**Kontaktadresse**  
Kraftwerke Hinterrhein AG (KHR)  
7430 Thusis

(Bilder 1 bis 4). Die Steuerung erfolgte vor der Erneuerung, ab Kommandozentrale im Kraftwerk Sils über Parallelverkabelung und Relaissteuerung. Die Anlage wurde zusammen mit der Kraftwerksgruppe Hinterrhein anfangs der Sechzigerjahre in Betrieb genommen. Vor rund zehn Jahren erreichten die beiden 400-MVA-Dreiwicklungs-Transformatorgruppen 10,5/220/380 kV das Ende ihrer technischen Lebensdauer. In der Folge wurden sie ersetzt und ihre Leistung gleichzeitig auf total 1200 MVA erhöht.

Am 14. Mai 1992 explodierte einer der Druckluftschalter in der 220-kV-Freiluft-Schaltanlage infolge eines Abstandskurzschlusses. Es handelte sich um einen

Schalter Typ BBC DHVF 220 n6b, Baujahr 1958. Dieses Ereignis löste eine Reihe von Untersuchungen und Aktivitäten aus.

Um die näheren Umstände abzuklären, wurde eine Zustandsbeurteilung der Anlage durchgeführt. Diese und weitere Abklärungen zeigten, dass sich die 220-kV-Anlage gesamthaft dem Ende ihrer Lebensdauer näherte. Im weiteren wurden folgende Schwachstellen eruiert:

- Die Ausschaltleistung der Druckluftschalter genügte den Anforderungen des heutigen 220-kV-Netzes nicht mehr, insbesondere im Abstandskurzschluss.
- Die Kurzschlussfestigkeit der vorhandenen Erdtrenner und HF-Drosseln war nicht mehr gewährleistet.
- Die Messwandler mit den grossen Ölvolumen hatten ihre Altersgrenze erreicht.
- Ein Sammelschienenschutz war nicht vorhanden.
- Im Kabelstollen der Hochspannungs- und Steuerkabel war der Brandschutz unvollständig. Ferner waren die Räume mit den Steuerungen und den Steuergeräten ungenügend geschützt.

Eine umfassende Sanierung der gesamten 220-kV-Freiluft-Schaltanlage drängte sich deshalb auf. Dabei war anzustreben, bestehende Strukturen, soweit dies sinnvoll war, weiter zu verwenden. Als weiterer Schritt wurde ein Vorprojekt ausgearbeitet.

Im Laufe seiner Bearbeitung zeichnete sich eine Konzeptänderung gegenüber der heutigen Anlage ab. Es wurde vorgesehen, vier Relais Häuser innerhalb der Anlage zu installieren, ähnlich wie sie in

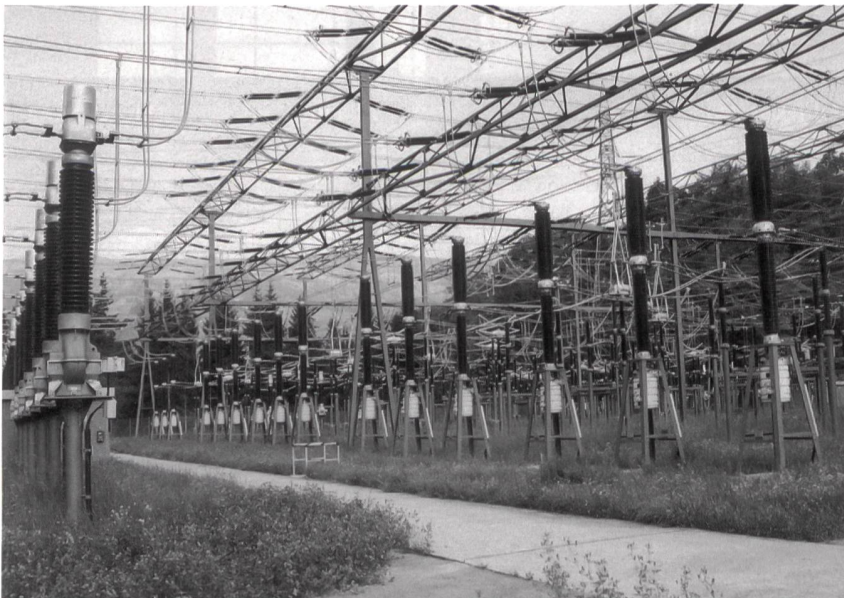


Bild 1 Erneuerte 220-kV-Freiluft-Schaltanlage Sils i. D. der Kraftwerke Hinterrhein.



der 380-kV-Freiluft-Schaltanlage zum Teil bereits realisiert worden waren. Die Vorortsteuerungen mit Verriegelungen, Zählern, Schutzeinrichtungen usw. befinden sich nun in den neuen Relaishäusern.

## Baulicher Teil

Den Vorarbeiten wurde grosse Beachtung geschenkt, um die knappen Termine genau halten zu können. Beispielsweise wurden sämtliche neuen Schalter- und Wandlerfundamente unter den bestehenden, unter Spannung stehenden, Apparaten erstellt. Die Arbeiten erfolgten praktisch ausschliesslich von Hand. Es wurden nur die Schalterfundamente neu erstellt, alle übrigen konnten angepasst oder weiterverwendet werden. Bei den neuen Trennern konnten selbst die Gerüste weiterverwendet werden. Das bestehende Kabelkanalsystem mit Betondekeln wurde durch Rohranlagen ersetzt.

## Primärtechnik

Sämtliche Hochspannungsapparate wie Schalter, Kombiwandler, Trenner, HF-Sperren und die gesamte Verseilung wurden den aktuellen Anforderungen entsprechend ausgelegt und ersetzt.

Besonders zu erwähnen ist der Einsatz des ABB-Einkammer-Leistungsschalters vom Typ ELF SP4-1 (275 kV, 50 kA, 2500 A). Zum Zeitpunkt der Bestellung war dieser Typ der einzige Einkammerschalter, der die gestellten Anforderungen erfüllen konnte.

Der Querschnitt der Sammelschiene wurde von  $2 \times 550 \text{ mm}^2$  auf  $2 \times 800 \text{ mm}^2$  erhöht, um die volle betriebliche Flexibilität zu gewährleisten.

## Sekundärtechnik

Die eingesetzte Leittechnik basiert auf einem zukunftsgerichteten Konzept für die Gesamtleittechnik beider Schaltanlagen von Sils. Die gewählte Feldleittechnik von ABB wurde erstmals und mit gutem Erfolg in einer Freiluft-Schaltanlage der vorliegenden Grösse angewendet. Bis dahin hatte sie sich in verschiedenen GIS-Anlagen bewährt. Es wurde darauf geachtet, dass die neue Feldleittechnik eine spätere Modernisierung der Leittechnik in der 380-kV-Schaltanlage und der zentralen Leitstelle Sils der KHR ohne Einschränkung erlauben und sogar erleichtern soll.

Kern der Feldleittechnik sind die Feldsteuergeräte Modures REC 216, konzipiert

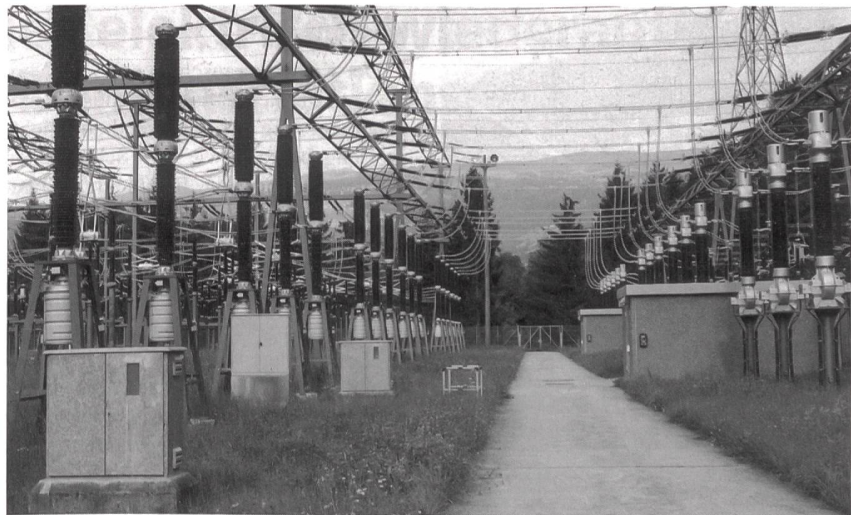


Bild 2 220-kV-Freiluft-Schaltanlage Sils i. D.

für die Steuerung und Überwachung jeweils eines Hochspannungsschaltfeldes. Prozessinterfacemodule für die Ankopplung der Schaltgeräte und Schnittstellenkarten wie Optokoppler, Relaismodule und Stecksysteme verbinden das Feldsteuergerät mit der Peripherie. Ergänzt wird die rechnergestützte Feldsteuerung mit der Direktsteuerung (Notsteuerung), die eine Bedienung der Anlage von der Mimik im Feldsteuerschrank auch bei Störung des Rechners ermöglicht.

Die Feldsteuerung ist für beide Betriebsarten (Normal/REC216 und Direkt) ausreichend gegen Fehlschaltungen geschützt. Die Anlagenverriegelung ist im primären Steuerkreis der Antriebe eingeschlaucht.

Alle Feldsteuer- und Schutzgeräte sind für eine zukünftige Erweiterung der Feldleittechnik vorbereitet. Serielle Schnittstellenkarten für die Ankopplung an einen Interbay-Bus können nachträglich eingebaut werden.

Die Schnittstellen zur übergeordneten Anlagensteuerung und die Erfassung der Messwerte und Zählerstände wurden parallel über den Rangierverteiler mit den vorhandenen Anschlusspunkten verkabelt.

Die eingesetzten Feldleitrechner REC 216 lassen die Optionen für einen späteren Ausbau der Feldleittechnik dank normierter Schnittstellen (Interbay-Bus) offen.

## Eigenbedarfsanlage

Die alte 220-kV-Freiluft-Schaltanlage wurde vom Eigenbedarfsnetz des Kraftwerkes gespeist. Weil die Freiluft-Schaltanlage 200 m von der Zentrale Sils entfernt liegt und die Albula überquert werden muss, wurde eine autonome Eigenbedarfsversorgung installiert. Sie wurde so prädisponiert, dass später auch genü-

gend Raum für eine neue Eigenbedarfsversorgung für die benachbarte 380-kV-Freiluft-Schaltanlage vorhanden ist. Die Anspeisung der Steuerungen in den Relaishäusern und der Antriebe (Schalter und Trenner) erfolgt sternförmig.

## Brandschutz

Vor dem Umbau war in den Anlagen nur ein ungenügender Brandschutz vorhanden. Sie waren nur mit Handlöschern und einem Hydrantennetz geschützt. Brandabschnitte existierten nicht, alle Kabeldurchführungen waren offen. Diese Lücken im Brandschutz lösten ein weiteres Projekt aus. Die brandschutzmässige Sanierung der ganzen benachbarten Zentrale Sils wurde als paralleles Projekt ausgeführt. Der Anteil der Schaltanlage wurde in dieses neue Projekt ausgegliedert.

Neu wurden die Anlagen, auch die Kabelkanäle der Schaltanlage, in Brandabschnitte aufgeteilt. Eine umfassende Brandmeldeanlage mit rund 450 Rauchmeldern wurde installiert. Fluchtwege

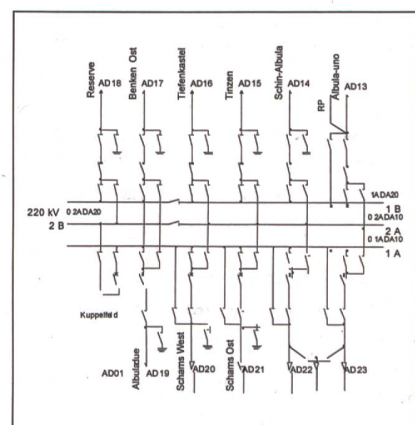


Bild 3 Übersichtsschema der 220-kV-Freiluft-Schaltanlage Sils i. D.





Bild 4 Baustelle der 220-kV-Freiluft-Schaltanlage.

wurden definiert und mit einer nachleuchtenden Farbe markiert. Eine Entrauchungsanlage schützt alle kritischen Bereiche vor Brandgasen, Russ und Rauch. Da die Zentrale Sils mehrere hundert Meter unterirdischer Kabelkanäle und Räume aufweist, hatte die Brandschutzsanierung einen bedeutenden Umfang. Die Installation der Brandmeldeanlage und die Realisierung der Brandabschnitte erfolgten noch vor Beginn der Umbauarbeiten in der Schaltanlage. Dadurch konnte bereits während der Umbauarbeiten ein verbesserter Brandschutz sichergestellt werden.

### Projektlauf, Einfluss auf Betrieb

Während der ganzen Erneuerungsphase (Bild 4) war die Schaltanlage in Betrieb. Insgesamt waren nur zwei Totalabstellungen an Wochenenden notwendig.

Für alle grösseren Schaltungen wurden durch KHR genaue Schaltprogramme erstellt. Die Schaltungen wurden jeweils zu Randzeiten durchgeführt, damit sich möglichst keine Personen in der Anlage aufhielten.

Aus Sicherheitsgründen wurde der Sammelschienenschutz bereits vor der Erneuerung provisorisch in Betrieb gesetzt. Zur Gewährleistung der Personensicherheit wurden für die Erneuerung der Felder jeweils Schutzgerüste und Absperrzäune errichtet. Das Erneuerungsprojekt konnte unfallfrei realisiert werden. Eine wirklichkeitsnahe Sicherheitsinstruktion der Bauarbeiter, der Einsatz qualifizierter Arbeitskräfte und die konsequente Wahrnehmung der Bauaufsicht hat sich ebenso bewährt, wie die Durchsetzung der Sicherheitsvorschriften.

### Kosten

Der Kostenvoranschlag sah 18,2 Mio. Franken für die Realisierung dieser Anlagenerneuerung vor, basierend auf Richtpreisangeboten sowie auf Schätzungen des projektierenden Ingenieurs. Abgerechnet wurde das Projekt mit 15,86 Mio. Franken. Es wurde günstiger abgewickelt, obwohl einige wesentliche zusätzliche Leistungen wie eine neue Eigenbedarfsanlage erbracht wurden.

Die Aufträge wurden wo immer möglich in umfassenden Losen vergeben, enthaltend Materiallieferung, Montage und Inbetriebsetzung, Dokumentation usw. Die Projektschnittstellen und Verantwortlichkeiten konnten dadurch transparent gestaltet werden.

Anzahlungen wurden im ganzen Projekt keine gemacht. Die Zahlungen erfolgten jeweils 30 Tage netto nach Inbetriebsetzung und Übergabe der Schlussdokumentation. Bis auf eine Ausnahme durfte festgestellt werden, dass der meist mühsame Prozess bis zur Übergabe der bereinigten Schlussdokumentation erheblich zügiger vor sich ging, als früher gewohnt.

### Termine

Nach erfolgtem Baubeschluss beanspruchte die Ausarbeitung des Ausführungsprojektes rund ein Jahr. Die anschließende Realisierung dauerte ein weiteres Jahr.

Die Feldumbauterminen mussten bereits ein Jahr vor Baubeginn zu Händen der Schaltfeldinhaber und der energiebeziehenden Partner festgelegt werden. Der Einhaltung dieser Termine wurde grösste Priorität eingeräumt, da Verschiebungen erfahrungsgemäss Kaskaden von Umdispositionen, bei allen Beteiligten, verursacht hätten. Beim Umbau jedes Feldes wurden jeweils vier Wochen für die Ablösung der alten Steuerung, der Erneuerung des Eigenbedarfes, des Schutzes,

der Messung inklusive Inbetriebsetzung eingeplant. Um der Bedeutung der Termine den notwendigen Nachdruck zu verleihen, wurden alle terminkritischen Aufträge mit 2% pro Woche, max. 10% pönalisiert. Alle Termine konnten eingehalten werden.

### Regionale Bedeutung des Projektes

Auf die umliegende Region (Chur, Domleschg, Heinzenberg und Schams) entfiel ein Auftragsvolumen von rund 2 000 000 Franken. Die KHR berücksichtigt das lokale Gewerbe traditionell, sofern die Leistungen zu konkurrenzfähigen Konditionen erbracht werden. Die Region konnte somit erneut an Erneuerungsinvestitionen partizipieren.

### Anschlussprojekt

Der grössere Teil der Investitionen erfolgte in hochspezialisierte Einrichtungen, Apparate und Steuerungen. Deren Anbieter befinden sich in einem ungebremsten Konzentrationsprozess, wodurch die Wahlfreiheit der Bauherren und die Konkurrenz unter den Anbietern in Zukunft noch mehr eingeschränkt sein wird. Gleichzeitig verkürzen sich die Produktzyklen, aber auch die Zeiträume der Systemunterstützungen.

Als Konsequenz aus dieser Entwicklung wurden im Anschluss an die Erneuerung der 220-kV-Schaltanlage Sils auch die 220-kV-Druckluftschalter in den Schaltanlagen der Kraftwerke Bärenburg und Ferrera durch neue Schalter des gleichen Typs ABB ELF-SP4-1 ersetzt. Somit kommt in allen 220-kV-Freiluft-Schaltanlagen der Kraftwerke Hinterrhein AG einheitlich dieser Schaltertyp zum Einsatz. Dadurch werden Unterhalt und Ersatzteilhaltung vereinfacht und wirtschaftlicher.

### Modernisation du poste de couplage en plein air de 220 kV à Sils i. D.

L'ambitieux projet de modernisation du poste de couplage en plein air des Kraftwerke Hinterrhein AG à Sils i. D. a pu être réalisé dans les délais impartis. Les coûts de modernisation ont été moins élevés que prévus et aucun accident ni aucune perte d'exploitation n'ont été annoncés. On s'attend de nouveau à une durée d'utilisation optimale d'une vingtaine d'années pour la partie primaire et d'une quinzaine d'années pour la partie secondaire. Il a en outre été possible d'améliorer la fiabilité et de simplifier l'entretien. Le poste de couplage modernisé est de nouveau conforme à l'état actuel de la technique et répond aux normes et exigences légales en vigueur.