

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 30 (1939)
Heft: 14

Artikel: Der Schalter im Ueberlandwerk : Betriebserfahrungen und Erfordernisse
Autor: Hug, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060835>

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: 25.04.2025

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

Der Schalter im Ueberlandwerk. Betriebserfahrungen und Erfordernisse.

Von F. Hug, Baden.

621.316.57.0046

Es werden einige interessante Störungen an Hochspannungsschaltern im Netz der Nordostschweiz. Kraftwerke A.-G. kurz beschrieben und die Ursachen mitgeteilt. Dann folgt eine Reihe von Wünschen betreffend die Schalterkonstruktion an die Adresse der Hersteller.

L'auteur décrit brièvement quelques perturbations intéressantes survenues aux interrupteurs du réseau à haute tension des Forces Motrices du Nord-Est Suisse et en communique les causes. Il termine par une série de desiderata à l'adresse des constructeurs, au sujet des interrupteurs.

Die Betriebserfahrungen mit Hochspannungsschaltern lassen eine Fülle von Anregungen und Wünschen aufkommen, die dem Schalterkonstrukteur nicht verschlossen bleiben dürfen. Ohne auf spezielle Schaltertypen oder Fabrikate einzugehen, mögen hier einige Vorkommnisse kurz gestreift werden.

Ein 8-kV-Wasserschalter (20 kV Nennisolationsspannung) leitete nach erfolgter automatischer Kurzschlussabschaltung zufolge einer Gewitterstörung Erd- und Kurzschlüsse ein, die den Apparat zur Unbrauchbarkeit zerstörten. Eingehende Untersuchungen bestätigten die Vermutung, der Schalter sei der kritischen Beanspruchung zum Opfer gefallen, keineswegs. Die Schaltorgane liessen nicht die geringste abnormale Beanspruchung erkennen. Erst die Untersuchung des Störungfalles und der Leitungsanlage brachte den einwandfreien Beweis einer Ueberspannungseinwirkung auf den Schalter, der durch starke Brandspuren bestätigt wurde. Nach anstandsloser Abschaltung wurde nämlich die Lufttrennungsstelle des Schaltapparates von einer leitungsseitig eingetroffenen Ueberspannungswelle, vermutlich begünstigt durch die noch nicht völlig regenerierte Schaltstrecke, überschlagen und ein Stehlichtbogen an den sammelschienenseitigen Kontakten eingeleitet. Möglicherweise hat auch eine mit der Ueberspannung im Zusammenhange stehende Phasenopposition der Betriebsspannung den Ueberschlag erleichtert. Zu bemerken ist hierzu, dass die Leitungen dieser Schaltanlage nicht mit Ueberspannungsableitern ausgerüstet waren, die jedoch nach dieser Störung eingebaut wurden. Die 50periodige Ueberschlagsspannung der Lufttrennungsstelle dieses Schalters betrug ca. 50 kV und diejenige der Isolatoren der Schaltanlage ca. 70 bis 80 kV.

Eine andere Störung trat nach erfolgtem Parallelschalten eines Generators bei einem Betriebswechsel auf ein 8-kV-Sammelschienensystem ein. Kurze Zeit nach Vollbelastung des Generators erfolgte ein Kurzschluss, der einige Hartpapier-Schleifenstromwandler und Wasserschalter sehr stark zerstörte. Die langwierige Abklärung der Ursache ergab Undichtheiten der Verschlusschrauben einiger Schaltkammern, wodurch die Schaltflüssigkeit Expansin auf die Stirnseite der darunterstehenden Kondensatordurchführungen der Wandler gelangen konnte und dadurch die Spannungsbeanspruchung längs der Schichtung bis in die kritische Nähe des Erdbelages brachte. Explosion einiger Stromwandler und beträchtliche Zerstörungen an der Anlage waren die Folgen dieser Undichtheiten.

Weiter wurde nach Zuschalten und Belasten eines Generators am dauernden zischenden Luftaustritt eines pneumatisch betätigten Expansionsschalters festgestellt, dass derselbe in der Einschaltstellung nicht verklinkt war — die Druckluft hielt ihn dauernd in der Endstellung. Eine heikle Situation bestand für das Ausschalten, weil sich der Schaltstift nur relativ langsam von der Kontaktstelle und der Schaltflüssigkeit entfernen konnte und eine vergrößerte Lichtbogendauer mit ihren Gefahren bestand. Ursache dieser Funktionsstörung war das allmähliche Losschrauben der Kontaktspitze — infolge ungenügender Sicherung — die vorzeitig auf dem Grunde des Tulpenkontaktes ihren Anschlag fand und die normale Verklingung des Antriebsmechanismus verunmöglichte. Das wiederholte, schlagartige Einführen des Schaltstiftes in den Tulpenkontakt hatte nämlich die Gewindehülse gestaucht und erweitert, wodurch die vorhandene ungenügende mechanische Sicherung zerstört wurde.

Bei einem 50-kV-Oelschalter verriet die abnormal hohe Erwärmung des Oeles einen schlechten Kontakt im Innern. Die Revision ergab, dass die unter der Kontaktfeder liegende ursprünglich ebene Fläche in scharfer Umgrenzung auf genau gleiche Tiefe ausgefressen war. Elektrolytische Korrosion war hiefür die erste Vermutung, doch durch Wechselstromwirkungen nicht ohne weiteres zu erklären. Auf Grund neuerer Forschungen wird als Ursache ein Einfluss von geringer Feuchtigkeit des Oeles, seiner sauren Alterungsprodukte, sowie elementarer Funkenbildung an den Kontakten, die den Wechselstrom zum Teil in den korrodierenden Gleichstrom gleichrichten können, angesehen. Dieser Korrosionsfall wurde begünstigt durch eine unrichtige Verstiftung von Schalter und Antrieb, so dass beim Einschalten der Kontaktdruck nach kurzzeitigem Ueberschreiten eines Maximums wieder auf einen kritischen Wert abnahm.

Beunruhigt durch beobachtete Betriebsunregelmässigkeiten im Höchstspannungsnetz wurde der 150-kV-Schalter des Speisepunktes untersucht. Bei einem der drei mechanisch gekuppelten einpoligen Schalter stellte sich ein Isoliergestängedefekt heraus; die beweglichen Schalterteile fand man im Grunde des Oelkessels. Der namhafte Energietransit war somit vorübergehend nur über zwei Leiter erfolgt.

Ein ganz ähnlicher Fall eines ausgesprochenen Konstruktionsfehlers führte zur Abänderung einer grösseren Anzahl 50-kV-Oelschalter.

Leitungsarbeiten nach festgelegtem Programm erforderten die beidseitige Abschaltung der Strecke,

wobei wohl der elektrische Teil der Fernsteuerung des einen 150-kV-Schalters richtig funktionierte, während deren mechanischer Teil dem gegebenen Impuls nicht folgte. Da die gestörten Organe des mechanischen Antriebes nicht ohne weiteres zugänglich waren, konnte nur eine unverzügliche Abschaltung des ganzen betreffenden Netztes, ohne jegliche Betriebsrücksichten, einen weitgreifenden schweren Unfall verhüten.

Als hauptsächlichste Betriebsanforderungen an Hochspannungsschalter mögen kurz folgende herausgegriffen werden:

Der konstruktiv einfache, übersichtliche Aufbau eines Schalters soll mit einem Minimum an Bauteilen bei einfachster Wirkungsweise erreicht werden. Die einem Abbrand unterworfenen Kontakte müssen in kürzester Zeit auf einfachste Weise freigelegt werden können. Die Phasendistanz der Schalter soll sich mit den Leiterabständen der Werkinstallationen, vor allem bei Freiluftanlagen, in Einklang bringen lassen. Die Schalterkonstruktionen sollen derart durchgebildet werden, dass eine grosse Freizügigkeit in der Leitungsführung, den Leiteranschlüssen und dadurch im Bau von überspannungstechnisch günstigen Schaltanlagen gewährleistet ist. Auch beim Umbau von bestehenden Anlagen vereinigen solche Schalter wesentliche Vorzüge. Ausserdem ist ein geringer Raumbedarf, insbesondere Grundrissbedarf, anzustreben, der oft bei Umbaufragen von ausschlaggebender Bedeutung ist (Oelschalterersatz). Geringe statische und dynamische Massenwirkungen sind erstrebenswert, um Fundamente und Baukonstruktionen zu schonen und möglichst zu verbilligen und um Lockerungen der Hochspannungsanschlüsse oder Schaltanlage-Isolatorendefekte zu vermeiden. Elastische Leiteranschlüsse sind im Hinblick auf die meist hohen Kurzschlußströme eher unerwünscht. Ganz allgemein soll von Konstrukteur, Werkstätte und Monteur auf sorgfältige und solide Sicherung aller Verbindungsteile, Schrauben, Kontaktbolzen usw. sowie auf einfache, kräftige Verankerungen geachtet werden.

Ein Kapitel für sich bildet das Gebiet der Dichtungen gegen Oel-, Wasser- oder Luftaustritte. Aber auch mangelhafte Dichtungen gegen atmosphärische Einflüsse bei Freiluftapparaten haben dem Betrieb schon ernstlich zu schaffen gegeben.

Die Dämpfung des Schaltgeräusches im Hinblick auf Betriebspersonal und Nachbarschaft bleibt immer noch ein erstrebenswertes Ziel.

Der Hochspannungsteil ist von den Niederspannungs-Steuer- und Meldekreisen (Auslösemagnete, Aus- und Einschaltventile, Meldekontakte usw.) grundsätzlich durch Schutzwände, Verschaltungen und dergleichen zu trennen (Lichtbogenschutz). Eine gute Zugänglichkeit der Antriebsseite mit all den Steuer- und Meldeleitungen ist von besonderer Bedeutung. Der Abnutzung unterworfenen, nachstellbaren Antriebsorgane dürfen unter keinen Umständen von anderen Mechanismen verbaut und unzugänglich gemacht werden.

Bei grossen mechanisch gekuppelten Schalterpolen sollen diese möglichst gleichzeitig schalten,

um die Ausbildung von Ueberspannungen und deren Folgen in grossen Netzen zu verhindern.

Der elektromechanische Schalterantrieb darf auch bei katastrophalen elektrischen Zerstörungen durch Stehlichtbogen, Explosionen und dgl. unter keinen Umständen versagen, so dass z. B. der Schaltermechanismus zufolge Zersplitterung der keramischen Stützisolatoren im Stehlichtbogen nur noch von den Leiteranschlüssen festgehalten wird (Probenschaltung!). Sämtliche Isolatoren, auch die keramischen, sind kittlos zu befestigen. Die Verwendung von lichtbogensicherem, splitterfreiem Isoliermaterial mit grosser Umbruchfestigkeit ist deshalb eine spezielle Forderung des Betriebes. Eine gewisse Elastizität des Isoliermaterials könnte die Beanspruchungen gegenüber keramischen Stützern herabsetzen.

Die Fernsteuerungen sollen Pendelungsfreiheit und eine absolute Betriebssicherheit aufweisen, wobei erfahrungsgemäss besonders die Auslösespulen für weitestgehende Toleranz der Betätigungsspannung zu dimensionieren sind (z. B. + 10 % und - 40 %). Die kürzeste Kontaktgabe des Steuer Schalters oder Relais soll die Schalterbetätigung einleiten. Eine bis zur Vollendung des Schalterspiels dauernd notwendige Kontaktgabe ist unzweckmässig und gefährlich. Auch die Kontaktgabe der Relais kann unter Umständen sehr kurzzeitig erfolgen (Stoterschutz). Vor allem sollen die Steuerschalter robust gebaut und mit kräftigen Kontakten ausgerüstet sein. Besonders die in schematische Anordnungen eingebauten Befehls-Quittungsschalter zeigen oft durch ihre Ausführung, dass der Konstrukteur ihre sehr grosse Bedeutung in der allgemeinen Energieversorgung verkennt. Zum Schutze der Kontakte gegen Ueberspannungen empfiehlt es sich, Parallelwiderstände an den Betätigungsspulen anzubringen. Auch auf die Bedeutung einer einfachen, sicheren Rückmeldung, ohne Verwendung von Kunstschaltungen, braucht kaum näher eingegangen zu werden.

Von neuzeitlichen Schaltern und deren Antrieben sind ferner speziell im Hinblick auf den Selektivschutz kleinste, von der Raumtemperatur möglichst unabhängige Schaltzeiten zu fordern. Während Selektivschutzsysteme mit ausserordentlich kleinen Zeitstreuungen arbeiten, muss eine entsprechende Eigenzeitkonstanz auch von den Schaltern gefordert werden, dies um so mehr, als die Teilzeiten beider Organe nicht nur von derselben Gröszenordnung, sondern sogar von gleicher Grösse sein können (Schnelldistanzschutz). Ueberdies ist zu beachten, dass Schalter, die sehr häufig und solche, die äusserst selten betätigt werden, auch bei niederen Temperaturen unveränderliche Eigenzeiten ergeben sollen (Hallenbau, Freiluftanlagen).

Gewisse Einflüsse können Schmiermittel mit verschiedener Viskositätsänderung und analytischem Verhalten auf das Funktionieren der Schalter ausüben. Werkvorschriften über Oel- oder Fettqualitäten sollten jede Schalterlieferung begleiten. Es dürfte empfehlenswert sein, diesbezügliche Abnahmeversuche von kompletten Schaltern in rein mechanischer Hinsicht in bezug auf Kälteeinfluss in Kühlräumen vorzuschlagen. Die periodische Be-

stimmung der Schaltereigenzeiten bei verschiedenen Temperaturen im Betriebe sollte sinngemäss, wie dies bei der Distanzrelaiskontrolle bereits üblich ist, ebenfalls angeregt werden.

Der Korrosionsbeständigkeit von Schaltern und Antrieben ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken, z. B. den elektrolytischen Korrosionen in den Kammern der Wasserschalter (Gleichstromkorrosion), den Korrosionen der Kontakte von Oelschaltern (Wechselstromkorrosion), der Oxydation zufolge Kondenswasser in Druckluftanlagen, Ventilen usw. Auch Hemmungen oder Klemmungen zufolge Aufquellens oder Schwammigwerdens von Dichtungsmaterialien bei Kolben und Ventilen muss begegnet werden.

Um bei Druckluftanlagen die Dauerverluste möglichst einzuschränken, empfiehlt es sich, zu viele Absperrschieber und Ventile zu vermeiden. Weitgehende Umschaltmöglichkeiten, wie sie dem Elektriker geläufig sind, müssen mit grösseren Luftverlusten erkauft werden, so dass in extremen Fällen diese Dauerverluste die Betriebsluftmengen überschreiten. Die Aufstellung von Druckluftbehältern ist auch möglichst unter Beachtung von Bomben- oder Splittersicherheit zu projektieren. Die Revisionsmöglichkeit der Kessel soll gewahrt bleiben (behördliche Vorschriften). Bei diesem Anlass wäre von Interesse zu vernehmen, welchen Sicherheitsfaktor die Konstruktionsfirmen den Organen ihrer Schaltapparate zugrunde legen (statische oder dynamische Beanspruchung).

Bei öllosen Schaltern bildet oft der Ueberschlag der Lufttrennungsstelle eines ausgelösten Schalters einen gefährlichen Störungsherd. Die Schaltstrecke kann bei asynchronen Separatbetrieben, besonders bei Erdschluss oder Ueberspannungen und Reflexionen in einem dieser Betriebe ausserordentlich

hoch beansprucht werden. Derartige Ueberschläge an Schaltern können durch wandernde Lichtbogen oft verheerende Wirkungen in Schaltanlagen, besonders in neuzeitlichen Hallenbauten, hervorrufen. Die Stoss-Ueberschlagssicherheit solcher Lufttrennstellen sollte unbedingt grösser als die Stoßsicherheit der Schaltanlageisolation gewählt werden (Koordination der Isolation). Bei konstruktiven Schwierigkeiten für einen ausreichenden Schaltweg sind an Wasser- und Luftschaltern zusätzliche, selbsttätige Trenner zu kombinieren.

Die elektrische Stromübertragung auf das bewegliche Kontaktsystem soll bei voller Kurzschlussbelastung des Schalters einwandfrei funktionieren.

Ferner ist ein guter Schutz gegen Berührung spannungsführender Konstruktionsteile durch auffallende Hochspannungsmarkierung anzustreben.

Die sichere Bewältigung der zu schaltenden Leistungen hängt somit im Betriebe von einfachen, zum Teil ganz selbstverständlichen Forderungen ab, welche die Wertigkeit eines Schalters mitbestimmen. Es wäre erfreulich, wenn begründete Anregungen und Wünsche von Seite der Werke von den Konstruktionsfirmen auch angenommen und konstruktiv verwertet würden.

Der Vorsitzende dankt Herrn Hug bestens für das sehr nette Referat, in welchem er Sünden der Konstrukteure in konkreten Beispielen dargestellt hat. Dem Betriebsleiter fällt die grosse Aufgabe zu, Erfahrungen zu sammeln. Diese Aufgabe wird sich in Zukunft auch auf die Frage der Koordinierung der Stossfestigkeit ganzer Netze beziehen müssen. Die Konstrukteure machen bei der Entwicklungsarbeit umfassende Versuche, wenn es sein muss auf dem Jungfraujoch und auf dem Säntis. Die Mitarbeit des über langjährige Erfahrung verfügenden Betriebsleiters ist zur Versuchsarbeit des Konstrukteurs die notwendige Ergänzung. — Nachdem wir nun den Vertreter eines städtischen Werkes und denjenigen eines Ueberlandwerkes gehört haben, werden wir nun noch den Vertreter der Schweizerischen Bundesbahnen hören.

Der Schalter im Bahnnetz; Kurzschlussversuche im Betrieb.

Von H. Habich, Bern.

621.316.57.0046

Die Betriebs- und Störungs-Statistik der Oel-Leistungsschalter in den drei Netzen der SBB (15 kV, 66 kV und 132 kV) über die Jahre 1923...1937 wird zusammengestellt. Die meisten Störungen sind auf mangelhafte Lichtbogenlöschung zurückzuführen. Die aus den Störungen gewonnenen Erfahrungen werden mitgeteilt. Schliesslich wird über Schalterkurzschlussversuche im Betrieb berichtet, die allein gewisse Schalterfragen erschöpfend abklären können.

L'auteur expose la statistique de l'exploitation et des perturbations des interrupteurs à huile dans les trois réseaux des CFF (15 kV, 66 kV et 132 kV) au cours des années 1923... 1937. La plupart des perturbations sont dues à l'extinction insuffisante des arcs. L'auteur communique ensuite les expériences qui ressortent de ces perturbations et décrit des essais de court-circuit effectués en service, qui seuls peuvent contribuer à éclaircir certains problèmes que posent les interrupteurs.

A. Art und Zahl der Schalter.

Die Schalter, über die ich berichten will, sind ausschliesslich *Leistungsschalter*, die in den Kraft- und Unterwerken der Schweizerischen Bundesbahnen eingebaut sind; ausgeschlossen sind die Lokomotiv- und Streckenschalter auf den Schaltposten der Bahnstationen, beide mit sehr beschränkten Abschaltleistungen. Es sind folgende 3 Gruppen von Schaltern vorhanden:

1. **15-kV-Betriebsspannung:** Maschinen-, Transformator- und Fahrleitungs-Schalter; einpoliger Oelschalterttyp 16% Hertz, nur im Spannungspol eingebaut (der geerdete Pol des 15-kV-Netzes besitzt keinen Schalter), bestellt für

150...250 MVA Abschaltleistung, 50...57 kV Prüfspannung; mit niederohmigen ein- bis zweistufigen Schalterschutzwiderständen ausgerüstet; Anzahl 205¹⁾, wovon 150 Freilufttypen.

2. **66-kV-Betriebsspannung:** Transformatoren-, Kabel- und Freileitungsschalter, zweipoliger Oelschalterttyp, 16% Hertz, Einphasensystem mit Mittelpunkt hochohmig geerdet oder über Drosselspulen kompensiert, bestellt für 200...500 MVA Abschaltleistung, 170 kV Prüfspannung, in der Regel mit hochohmigen Widerständen ausgerüstet; Anzahl 181¹⁾, wovon 124 Freilufttypen.

3. **132-kV-Betriebsspannung:** Transformatoren- und Freileitungsschalter, zweipoliger Oelschalterttyp, 16% Hertz, Einphasensystem mit direkt geerdetem Nullpunkt; bestellt für

¹⁾ Die Anzahl bezieht sich auf Ende 1937 ohne das Kraftwerk Etzel.