

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

Artikel: Der Schalter im Bahnnetz : Kurzschlussversuche im Betrieb
Autor: Habich, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060836>

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>

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 Anlasse 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.

500 MVA Abschaltleistung, 280 kV Prüfspannung, mit hochohmigen Widerständen; Anzahl 28¹⁾, Freilufttyp.

Alle Schalter sind Schweizer Fabrikat; jede der 4 Firmen A.-G. Brown, Boveri & Cie., Maschinenfabrik Oerlikon, Carl Maier & Cie. und Sprecher & Schuh haben Schalter von jeder der 3 erwähnten Gruppen geliefert.

B. Betriebs- und Störungsstatistik.

Die Schalter der 3 Netze der Bundesbahnen werden ganz verschieden mit Kurzschlüssen beansprucht, wie folgende Tabelle zeigt:

Die Zahl der Kurzschlussabschaltungen pro Schalter und Jahr beträgt:

	15-jähriges Mittel 1923...1937	Mittel 1937
a) für das 15-kV-Netz	29,1	23,7
b) » » 66-kV-Netz	0,78	0,67
c) » » 132-kV-Netz	2,61	0,5

Es wurde angenommen, dass jeder Kurzschluss in der Regel von wenigstens 2 Schaltern abgeschaltet wird.

Gewiss fällt die grosse Zahl der Kurzschlüsse auf, aber es ist zu beachten, dass die Mittelwerte für das Jahr 1937 gegenüber dem Mittel der 15 Jahre ganz erheblich zurückgegangen sind. Zur Beruhigung des reisenden Publikums sei aber ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, dass nur 6,6 % aller Kurzschlüsse die Speisung der Fahrleitung mehr als 5 Minuten unterbrochen haben.

Die Gründe für die vielen Störungen im 15-kV-Netz, die allen Bahnbetrieben eigen sind, kennt man wohl allgemein: Ein Pol des Systems ist geerdet; die Kontaktleitung leidet sehr unter der Bügelbeanspruchung; Gewittereinflüsse sind auf dem 4700 km langen, über die ganze Schweiz ausgedehnten Netz nicht zu vermeiden; viele Schaltmanöver müssen durch Nichtfachpersonal ausgeführt werden.

In den 15 Jahren von 1923 . . . 1937 sind an allen Oelschaltern total 121 Störungen vorgekommen, nämlich 75 in der ersten Gruppe (15-kV-Schalter), 30 in der zweiten Gruppe (66-kV-Schalter) und 16 in der dritten Gruppe (132-kV-Schalter); die Störungen verteilen sich nach Ursachen folgendermassen (Tabelle I):

Tabelle I.

	Gruppe		
	1	2	3
	%	%	%
Lichtbogenlöschung	24	27	31
Innen-Isolation	19	3	—
Aussen-Isolation	15	37	62
Durchführungen			
Widerstände	13	—	6
Antrieb	10	10	—
Elektrodynamische Kraftwirkungen	19	23	1
Steuerorgane			
Verschiedene und unabgeklärte Ursachen			
Durchschnittliche Anzahl Schalter während der Jahre 1923 . . . 1937 . . .	100	100	100
	165	147	27 (1927-1937)

Die meisten Störungen traten in allen 3 Gruppen wegen mangelhafter *Lichtbogenlöschung* auf, wenn man absieht von den Störungen an den Durchführungen der Schalter, welche ein Isolator-, nicht ein Schalterproblem darstellen. Dies ist erklärlich, weil die Schalter wohl für genügende Abschaltleistung bestellt worden waren (wie eingangs erwähnt), dass aber keiner der erwähnten Schalter auf Kurzschluss in der Fabrik geprüft werden konnte, weil die Einrichtungen dazu damals noch nicht vorhanden waren. Die Bundesbahnen sahen sich daher gezwungen, selbst Kurzschlussversuche im eigenen Netz durchzuführen. Auf Grund solcher Versuche wurden beispielsweise folgende Verbesserungen an Schaltern durchgeführt: Verstärkung des Kessels und Verbesserung der Schweissnähte, Verstärkung von Löschkammern, richtige Dimensionierung der Auspufföffnungen, um einerseits eine gewisse Entlastung bei Gasbildung zu erreichen und andererseits (bei zu grosser Öffnung) nicht zu grossen Oelaustritt zu bekommen; Ausbildung der Kontaktfinger mit Rücksicht auf die Wirkung elektrodynamischer Kräfte; genügend grosser Kontaktdruck; ausreichendes Einschaltmoment zur sicheren Ueberwindung der bei Einschalten auf Kurzschluss auftretenden elektrodynamischen Kräfte, Verstärkung der Klemmvorrichtungen der Schalter auf dem Fundament und Verwendung von für die stossweise Beanspruchung dieser Befestigungsmittel geeignetem Material.

Zur Verbesserung der *Innen-Isolation* der Schalter (2. Gruppe von Störungen) wurde in manchen Fällen die Kesselwand durch einen Isolierzylinder abgeschirmt; zwischen Kesselwand und Isolierzylinder ist ein Oelmantel von 2 . . . 3 cm Dicke vorhanden. Ferner wurde die Isolation im Schalter durch Vergrösserung der Kriechwege (wegen Russablagerung) verbessert und die schädliche Wirkung von Lichtbögen durch Isolierwände verhindert.

Ohne auf die Frage der *Schalterdurchführungen* näher einzugehen, möchte ich nur auf die Kräfte hinweisen, die auf die Bolzen der Durchführungen wirken können, insbesondere dann, wenn in die Durchführungen Löschkammern eingebaut sind. Bei Kondensator-Durchführungen ist es vorgekommen, dass der feste Zusammenhalt zwischen Leiter, Isoliermaterial und Stanniol sich lockern konnte und dadurch Störungen entstanden sind.

Die *Widerstände in den Schaltern* haben wir oft als unerfreuliche Beigabe kennen gelernt. Der einfache Schalteraufbau leidet darunter; verschiedenartige Störungen an solchen Widerständen sind auf Isolations- und Materialfehler zurückzuführen oder sie konnten überhaupt nicht restlos abgeklärt werden. In 2 Fällen haben Schalterversuche gezeigt, dass niederohmige Widerstände in 15-kV-Schaltern ohne Nachteil ausgebaut werden konnten.

Die *Schutzerdung der Schalter* ist bei einpolig geerdeten Systemen besonders wichtig, fliesst doch bei einem Schalterdefekt durch die Erdleitung der volle Kurzschlussstrom, in unseren Unterwerken in der Grösse von 6000 bis 10 000 A. Wird bei Zer-

störung des Schalterdeckels auch die daran befindliche Erdungsklemme abgerissen und damit die Erdleitung unterbrochen, so kann man sich lebhaft vorstellen, welche Verheerungen entstehen, wenn der Kurzschlußstrom seinen Rückweg durch das geerdete Steuerkabel des Schalters selbst sucht, ganz abgesehen von der Gefahr für das Personal wegen zu hoher Berührungsspannung. Die Erdung des Oelschalters muss daher sowohl am Kessel, als auch am Deckel so erfolgen, dass angenommen werden kann, eine von beiden bleibe bei Störungen sicher intakt (siehe Verordnung über Starkstromanlagen Art. 40). Verbindler oder Muttern aus Messing sind für Erdleitungen im Freien unbrauchbar, weil sie wegen kristallinischer Umlagerung des Gefüges zerfallen; sie sind durch Kupfer oder Bronze, ohne Zink, zu ersetzen.

Die Revision eines Speisepunktschalters erfolgt in der Regel nach ca. 20 normal verlaufenen Kurzschlussabschaltungen.

Seit zwei Jahren haben wir zwei 15-kV-Speisepunkte in einem Kraftwerk mit *Druckluftschaltern* ausgerüstet und festgestellt, dass diese Schalterart für $16\frac{2}{3}$ Hertz sich sehr gut eignet und im Betrieb bewährt hat (einfache Revision, wenig Kontaktabbrand). Der Druckluftantrieb ist im Aufbau einfacher als der Magnetantrieb.

C. Schalterkurzschlussversuche im Betrieb.

Wie eingangs erwähnt, sahen sich die Bundesbahnen schon vor Jahren gezwungen, Kurzschlussversuche mit Schaltern im Netz durchzuführen. Die Versuchseinrichtungen sind heute einfach: Der Schalter wird auf einen Kurzschluss eingeschaltet und durch ein sofort wirkendes Relais wieder ausgeschaltet; für den Fall des Versagens des Versuchsschalters schalten der oder die den Versuchsschalter speisenden Schalter mit einer geeignet eingestellten Verzögerung von weniger als einer Sekunde ab. Als Messinstrument dient der Oszillograph; es ist

vorteilhaft, wenn er ein ablaufendes Band (Film oder Papier) besitzt, dann kann er beim Versuch mit dem Schalter von Hand ein- und ausgeschaltet werden, so dass die umständlichen Kupplungseinrichtungen der Steuerung des Schalters und des Oszillographen wegfallen. Wie verhält sich das Netz bei solchen Versuchen? Aus der mitgeteilten Störungstatistik geht hervor, dass es ziemlich viel «Erfahrung» darin hat und tatsächlich benimmt es sich bei den Proben auch «anständig». Ein Beispiel: Kurzschluss im 132-kV-System, abgeschaltete Leistung 278 MVA, Dauer des Kurzschlusses (Ein- und Ausschalten mit dem gleichen Schalter) 0,65 s, wiederkehrende Spannung 82 % der Anfangsspannung; nach 75 s Wiederholung des gleichen Versuches; das Netz bleibt intakt, keine andern Schalter haben ausgelöst; Schalter in Ordnung. Bei allen diesen Kurzschlussversuchen haben wir nie Defekte an Generatoren oder Transformatoren gehabt; liegt der Kurzschlussort vom Kraftwerk entfernt, so geht natürlich die Beanspruchung der speisenden Werke sehr zurück.

Wenn ich die Erfahrungen mit unsern Schaltern zusammenfasse, so darf ich sagen, dass sie den schweren Anforderungen des Bahnbetriebes im allgemeinen gewachsen waren, dass aber sehr wertvolle Erkenntnisse aus dem Betrieb und aus den Versuchen die Weiterentwicklung gefördert haben. Trotz der in den Fabriken heute möglichen systematischen Untersuchungen der Schalter werden aber gewisse Schalterfragen nur durch Netzversuche erschöpfend abgeklärt werden können und dazu müssen wir Betriebsleute den Herstellerfirmen unsere Netze zur Verfügung stellen.

Der Vorsitzende dankt das interessante Referat bestens. Die SBB verfügen über ein grosses, umfassendes Netz und entsprechend über grosse Erfahrungen. Besonderer Dank gebührt Herrn Sektionschef Habich für seinen beherzigenswerten Appell zur Zusammenarbeit zwischen Werken und Fabrikanten. Der Vorsitzende eröffnet die

Diskussion.

Herr L. Piller, Oberbetriebsingenieur der Entreprises Electriques Fribourgeoises, Freiburg: Die Angaben und statistischen Tabellen des Herrn Leuch sind sehr wertvoll. Der Vergleich der Anzahl Schalter jeder Kategorie (Oelschalter, ölarne Schalter, Druckluftschalter usw.) ist interessant, gibt aber nicht genügend Aufschluss über die Wichtigkeit der verschiedenen Arten und Typen. Es scheint mir deshalb wünschenswert, einen neuen Begriff einzuführen, nämlich den Begriff «Schalter \times kV», ähnlich dem Begriff «Tonnenkilometer» im Transportwesen. Ich würde sehr begrüßen, wenn es Herrn Leuch möglich wäre, seine Angaben noch in dieser Hinsicht zu vervollständigen¹⁾.

Der Vorsitzende dankt Herrn Piller und bittet Herrn Leuch, dem Wunsch Herrn Pillers Rechnung zu tragen¹⁾. — Es wäre nun interessant, von den Herren Betriebsleitern zu vernehmen, wie sich die Schalter bei grosser Kälte verhalten. Es ist denkbar, dass die Eigenzeit der Schalter von der Temperatur abhängig ist, bzw. von der Zahl der in einer gegebenen Konstruktion vorhandenen Gelenke, die bei grosser Kälte «schwerer gehen».

Herr H. Marty, Ingenieur der Bernischen Kraftwerke A.-G., Bern: Vor einigen Jahren machten wir eine sehr starke

Kälteperiode durch; es traten Temperaturen bis -25° auf. An den Schaltern beobachteten wir keine Störungen oder andere aussergewöhnliche Erscheinungen. Ueber die Eigenzeit der Schalter bei diesen Temperaturen machten wir allerdings keine Messungen. Ich habe zwar den Eindruck, dass sich die Auslösezeiten nicht merkbar ändern. Ungünstige Erfahrungen machten wir allerdings mit den neuen Antrieben, namentlich mit den Federspeicherantrieben. Es scheint mir, dass diese zu wenig Sicherheit aufweisen; das Ueberschussdrehmoment ist zu klein, weshalb sie hin und wieder versagen. — Die Verhandlungen mit den Konstruktionsfirmen zeigten, dass je nach Jahreszeit verschiedene Schmiermittel verwendet werden sollten.

Herr F. Aemmer, Betriebsleiter der Kraftwerke Oberhasli A.-G., Innetkirchen: In Innetkirchen wurden an 150-kV-Oelschaltern, Fabrikat Brown Boveri, die mit einer Oelheizeinrichtung ausgerüstet sind, Versuche durchgeführt, um zu bestimmen, bei welchen Aussentemperaturen die Heizeinrichtung in Betrieb gesetzt werden muss, um eine unzulässige Verlängerung der Ausschaltzeit zu verhindern. Dabei hat sich gezeigt, dass bis zu Oeltemperaturen von -10° C keine merkliche Verlängerung der Abschaltzeit eintritt. Auch bei tieferen Lufttemperaturen, die während einiger Stunden in kalten Nächten eintreten, wird die Oeltemperatur infolge

¹⁾ Ist im veröffentlichten Referat geschehen. (Red.)