

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 41 (1950)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Ölschalter zur Verminderung der Kurzschluss-Schäden und der Betriebsstörungen bei elektrischen Wechselstrom-Bahnen  
**Autor:** Ehrensperger, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061248>

### **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:** 03.04.2026

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

- [21] *Loog, C.*: Vom Puffern mit einer Batterie. *Telegr.- & Fernspr. Techn.* (1934), p. 122.
- [22] *Genin, G.*: Influence des basses températures sur le fonctionnement des accumulateurs électriques. *Rev. gén. Electr. t. 37*(1935), n° 23, p. 728...737.
- [23] *Accumulatorenfabrik Oerlikon*: Die Wirkungsweise der elektrischen Bleiaccumulatoren. Zürich-Oerlikon.
- [24] *Genin, G.*: La résistance intérieure des accumulateurs et sa mesure. *Rev. gén. Electr. t. 56*(1947), n° 4, p. 159...167.
- [25] *Müller, W.*: Die Kondensatorwirkung des Bleiaccumulators bei Wechselstrom. Diss. Hannover 1933.
- [26] *Harbottle, H. R.*: The Circuit Noise-Meter (Psophometer) and its application. *J. Instn. Electr. Engr.* t. 83 (1938), n° 500, p. 261...274.
- [27] *Davey, F. R.*: Current power Plant Practice in Autom. *Teleph. Exchanges. P. O. Electr. Engr.* J. t. 33(1940), p. 12.

Adresse de l'auteur:  
Dr.-Ing. F. Jalla, Bahnhaldenstrasse 4, Zürich 52.

## Ölstrahlschalter zur Verminderung der Kurzschluss-Schäden und der Betriebsstörungen bei elektrischen Wechselstrom-Bahnen

Von H. Ehrensperger, Aarau

621.316.57.064.25

*Die Konstruktion der Löscheinrichtung und die Wirkungsweise der ölarmen Schalter für das Fahrleitungsnetz der Schweizerischen Bundesbahnen (1 ~, 16 2/3 Hz, 16 kV) werden beschrieben. Die Versuchsergebnisse im Kurzschlusshaus und im Netz (Eitzelwerk Altendorf und Unterwerk Seebach) und die Betriebserfahrungen ergaben volle Bewährung dieser Schalter.*

*L'auteur décrit la construction du dispositif de soufflage et le fonctionnement des disjoncteurs à faible volume d'huile des lignes de contact des Chemins de Fer Fédéraux suisses (monophasé 16 2/3 Hz, 16 kV). Les résultats des essais en laboratoire et dans le réseau (usine de l'Eitzel à Altendorf et sous-station de Seebach), ainsi que les expériences pratiques, ont prouvé l'excellent fonctionnement de ces disjoncteurs.*

Das Fahrleitungsnetz elektrischer Bahnen wird erfahrungsgemäss recht häufig von Störungen betroffen, welche von Kurzschlüssen begleitet sind. Urheber solcher Störungen sind Vögel, auch Ratten oder Mäuse, welche Überschläge einleiten können, wenn sie zwischen spannungsführende und an Erde liegende Teile der Fahrleitungsanlagen geraten oder auf Isolatoren herumklettern. Störungen, durch Blitzschläge in das Fahrleitungsnetz, mechanische Beschädigungen der Fahrleitungsanlagen, das Einfahren von Lokomotiven in geerdete Netzteile, Schaltfehler, Durchschlagen der Isolation verstaubter oder verrusster Isolatoren usw. rufen unter Umständen ebenfalls Kurzschlüsse hervor.

Gelingt es nicht, diese Kurzschlußströme rechtzeitig abzuschalten, so entstehen meistens bedeutende Schäden infolge der Auswirkungen von Lichtbögen und der durch Kurzschlußströme hervorgerufenen Erwärmungen und Kraftwirkungen: Isolatoren schmelzen, Fahrdrähte werden ausgeglüht, Beschädigungen von Lokomotiven treten auf, Stromabnehmerschleifstücke verbrennen und reissen oft ganze Fahrleitungsteile nieder. In der Folge kann der Bahnbetrieb schwerwiegende Unterbrechungen erleiden.

Zur Verminderung solcher unliebsamer Situationen können die Ursachen der Störungen, welche zu Kurzschlüssen führen, bekämpft, oder die Auswirkungen der Kurzschlußströme durch deren schnelle Abschaltung herabgesetzt werden.

Diese Tatsachen, sowie das stete Anwachsen der Kurzschlussleistungen veranlassten die Schweizerischen Bundesbahnen, ihre bisherigen Fahrleitungs-speisepunktschalter des klassischen Typs durch neue, diesen Gesichtspunkten entsprechende Schalter zu ersetzen.

Es soll ein solcher Schalter kurz beschrieben und auf Abschaltversuche im Netz und auf Betriebserfahrungen hingewiesen werden.

### 1. Die Wahl des Schalters

Da sich der Ölstrahlschalter in den bei 50 Hz betriebenen Netzen unserer Elektrizitätswerke allgemein eingeführt und gut bewährt hatte, war es naheliegend, auch die neuen, für das 16<sup>2/3</sup>-Hz-Netz der Schweizerischen Bundesbahnen bestimmten Schalter als Ölstrahlschalter üblicher Konstruktion auszuführen. Die Anforderungen jedoch, welche an die sog. Speisepunktschalter des 16-kV-Fahrleitungsnetzes hinsichtlich Ausschaltzeit und Ausschaltleistung gestellt wurden, gaben Anlass, die normalerweise angewendete Löscheinrichtung in diesem Falle durch eine besondere Ausführung zu ersetzen. Der Bedingung, dass der Schalter mit Federkraftspeicher- oder Druckluftantrieb ausgerüstet, für Innenraum- und Freiluftaufstellung verwendbar sein müsse, war ebenfalls Rechnung zu tragen.

### 2. Prinzipielles über die Löscheinrichtung

Grösse und Aufbau eines Schalters hängen im wesentlichen von der gegebenen Nennisolationsspannung und von der die verlangte Nennabschaltleistung beherrschenden Lichtbogenlöscheinrichtung ab. In der Löscheinrichtung, besonders in ihrem Zentrum, der Löschkammer, werden während des Abschaltvorganges jene Bedingungen geschaffen, welche es dem Schalter ermöglichen, die grossen Kurzschlussströme im Moment einer ihrer natürlichen Nulldurchgänge, nach Erreichen einer minimalen Öffnungsdistanz, zu unterbrechen. Diese minimale Öffnungsdistanz hängt von der Spannung und von der erzielbaren Löschwirkung der Löscheinrichtung ab. Geht der Strom gerade durch Null, wenn das Kontaktrohr diese für das Zustandekommen einer Unterbrechung unbedingt erforderliche Öffnungsdistanz erreicht, dann ergeben sich die kürzeste Lichtbogendauer und die in jeder Beziehung günstigsten Abschaltbedingungen. Im schlimmsten oder ungünstigsten Fall ist es dagegen möglich, dass nach dem Passieren des Bereiches der minimalen Öff-

nungsdistanz durch das Kontaktrohr praktisch noch eine volle Halbperiode vergeht, bis sich ein Stromnulldurchgang einstellt und der Lichtbogen gelöscht werden kann.

Die Unterschiede zwischen der günstigsten und der ungünstigsten Abschaltung hinsichtlich der auftretenden Schalterarbeit, Lichtbogenlänge, der erzeugten Gasmenge und infolgedessen der mechanischen Beanspruchung der Löscheinrichtung durch die Drücke sind bedeutend. Besonders bei  $16^{2/3}$  Hz, wo nur alle 0,03 s (gegenüber 0,01 s bei 50 Hz) ein Stromnulldurchgang auftritt, wachsen die Schwierigkeiten beträchtlich.

Wie bei den normalen Ölstrahlschaltern verwendet man auch beim Speisepunktschalter einen Teil der vom Lichtbogen in Form der Schalterarbeit gelieferten Energie direkt zur Löschung des Lichtbogens. Die Beherrschung des Nennabschaltstromes bei der Frequenz von  $16^{2/3}$  Hz verlangte die Verwirklichung dieses Löschrinzipes in einer Löscheinrichtung, welche geringe Öffnungsdistanzen erfordert, also kurze Lichtbogenlängen ergibt und relativ wenig Schalterarbeit erzeugt. Zur Erfüllung dieser Forderung musste eine sehr intensive Löschwirkung erreicht werden.

Diese Bedingung führte zu einem Löschesystem, welches mit zwei in Serie geschalteten, in verschiedenen Kammern liegenden und sich zeitlich nacheinander öffnenden Unterbrechungsstellen arbeitet. Der an der zuerst sich öffnenden Unterbrechungsstelle auftretende *Hilfslichtbogen* liefert die Energie zur Erzeugung einer Ölströmung, um den etwas später an der zweiten Unterbrechungsstelle entstehenden Hauptlichtbogen im gegebenen Augenblick zu löschen. Dank dieser speziellen Löscheinrichtung unterbricht dieser Speisepunktschalter einen Kurzschlußstrom, welcher den Wert von 16 000 A erreichen kann, ohne von aussen wirkende Hilfs- oder Löschmittel. Die Löscheinrichtung benötigt allerdings mehr Platz als die normale Konstruktion; sie erlaubt aber dafür eine sehr schöne und saubere Anwendung des erwähnten Löschrinzipes, so dass der Schalter den gestellten Anforderungen voll zu entsprechen vermag.

### 3. Praktische Ausführung der Löscheinrichtung

Die Konstruktion lässt sich am besten an Hand von Fig. 1 verfolgen. Bei der Gestaltung dieser Löscheinrichtung legte man besonders Wert auf eine genaue Führung des in die Löschkammer bzw. zur Löschstelle zu bewegendes Öl und der abzuleitenden Gase, um die gewünschte intensive Kühlung des Lichtbogens und damit kurze Unterbrechungsdistanzen zu erreichen.

Der auf dem Hauptträger *S* montierte Schaltkammerzylinder *X* bildet die Schaltkammer *A*. Diese enthält Öl bis zu einer gewissen Höhe. Ein oberhalb des Öles sich anschliessendes Luftvolumen dient zum Ausgleich der Ölbewegungen, welche während der Abschaltung entstehen und zur vorübergehenden Aufnahme der vom Lichtbogen erzeugten Abschaltgase. Diese treten dann langsam ins Freie,

nachdem sie im Ölabscheider, welcher sich zuoberst im Schalter befindet, von mitgerissenen Ölteilchen getrennt worden sind.

Der in die Schaltkammer *A* eingebaute Löschkammerzylinder *Y* enthält die eigentliche Löscheinrichtung. Er bildet mit dem Mittelstück *M* die Löschkammer *B*. Der am Mittelstück befestigte Zylinder *Z* begrenzt die Druckkammer *C* seitlich, wäh-

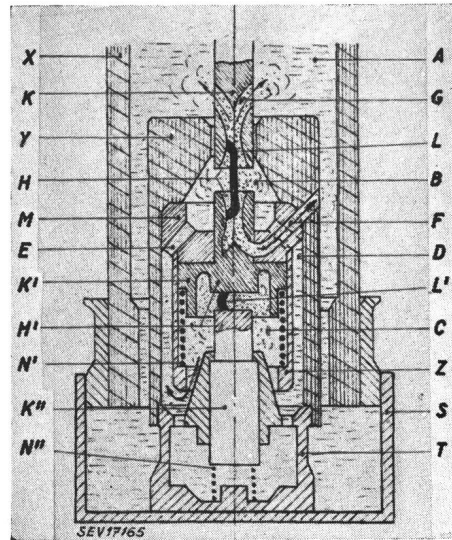


Fig. 1

Schnitt durch die Löscheinrichtung eines Ölstrahlschalters HPF 7 - 16<sup>2/3</sup> Hz

A	Schaltkammer	K''	Gegenkontaktsystem
B	Löschkammer	L	Hauptlichtbogen
C	Druckkammer	L'	Hilfslichtbogen
D	Verbindungsraum C-B	M	Mittelstück
E	Verbindungsraum D-B	N'	Druckfeder des Zwischenkontaktsystems
F	Verbindungsraum B-A	N''	Druckfeder des Gegenkontaktsystems
G	Verbindungsraum B-A	S	Hauptträger
H	Hauptlichtbogenkontakte	T	Löscheinrichtungsträger
H'	Hilfslichtbogenkontakte	X	Schaltkammerzylinder
K	Kontaktrohr	Y	Löschkammerzylinder
K'	Bewegliches Zwischenkontaktsystem	Z	Druckkammerzylinder

rend das im Mittelstück geführte Zwischenkontaktsystem *K'* diese nach oben abschliesst. Die glockenförmige Druckkammer *C* beherbergt die Hilfslichtbogen-Unterbrechungsstelle und steht über den Raum *D* und die Kanäle *E* mit der die Hauptlichtbogen-Unterbrechungsstelle enthaltenden Löschkammer *B* in Verbindung.

Der Träger *T* führt das bewegliche Gegenkontaktsystem *K''*. Eine Feder *N''* drückt dieses aufwärts an einen Anschlag. Eine weitere Feder *N'* stösst ebenfalls das Zwischenkontaktsystem *K'* an einen Anschlag nach oben. In dieser Stellung des Zwischenkontaktsystemes *K'* bestehen zwei direkte Verbindungen zwischen der Löschkammer *B* und der Schaltkammer *A* durch den Hohlkontakt *H* und die Kanäle *F*.

Während des Einschaltens trifft das Kontaktrohr *K* zuerst auf das Zwischenkontaktsystem *K'*, stösst dieses abwärts unter Überwindung der Federkraft *N'* bis zur Berührung des Gegenkontaktsystemes *K''*. Um einen guten Kontaktdruck mit diesem Kon-

taktsystem zu gewährleisten, schiebt das Kontaktrohr das ganze Kontaktsystem noch weiter nach unten und spannt die Druckfeder  $N'$ .

Bei der Ausführung als Freiluftschalter stellt man die ganze in Fig. 1 gezeigte Konstruktion noch in einen wetterfesten Porzellanzyliner (Fig. 2).

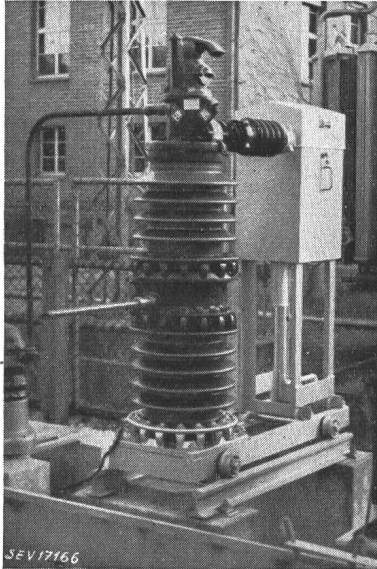


Fig. 2

Ölstrahlschalter mit Federkraftspeicherantrieb, eingebaut als Fahrleitungs-Speisepunktschalter im Unterwerk Grütze der SBB  
Nennabschaltleistung 250 MVA bei 16 kV

#### 4. Der Verlauf des Abschaltvorganges

Sobald die Überstromrelais einen Kurzschluss registrieren, leiten sie über den Auslösemechanismus des Schalters die Ausschaltbewegung des Kontaktrohres ein. Während einer kurzen Zeit bewegt sich das ganze Kontaktsystem  $K, K', K''$  geschlossen aufwärts. Ein Anschlag hält dann aber das Gegenkontaktsystem  $K''$  zurück, und es entsteht der Hilfslichtbogen  $L'$  zwischen den Kontakten  $H'$ , da das Zwischenkontaktsystem  $K'$  weiterläuft. Der Hilfslichtbogen erzeugt sofort Gas, welches sich oben in der Glocke ansammelt und auf das untenliegende Öl einen Druck ausübt.

Sobald auch das Zwischenkontaktsystem an seinem Anschlag angelangt ist, läuft das Kontaktrohr  $K$  noch allein weiter. Sofort nach der Trennung der Kontakte  $H$  tritt an diesen der Hauptlichtbogen  $L$  auf. Er erzeugt ebenfalls Gase und infolgedessen entsteht auch an der Hauptunterbrechungsstelle eine Druckzone. Dieser Druck sucht sich nun durch die offenstehenden Kanäle  $F$  (später auch durch Kanäle  $G$ ) nach der Schaltkammer  $A$  auszugleichen, indem er das in den Kanälen liegende Öl in Richtung Schaltkammer bzw. Luftvolumen in Bewegung setzt. Nach der Öffnung der Hauptunterbrechungsstelle versucht nun die Druckkammer über die Verbindungsgänge Öl in die Löschkammer und von allen Seiten in den Hauptlichtbogen zu pressen. Dieser bleibt deshalb kurz und gerade, und die von ihm selbst erzeugten Gase strömen der Lichtbogenachse entlang dem Hohlkontakt  $H$  und durch die Ka-

näle  $F$  der Schaltkammer zu. Beim Durchströmen des Hohlkontaktes reissen die Gase den Lichtbogenfusspunkt in den Hohlkontakt hinein, was aus den Abbrandstellen deutlich ersichtlich ist. Geht der Strom einem Nulldurchgang entgegen, dann bricht der Druck am Hauptlichtbogen schnell zusammen, da diese Druckzone direkt mit der Schaltkammer verbunden ist. Der noch wesentlich höhere Druck der Druckkammer treibt das Öl nun in die Hauptunterbrechungsstelle hinein, so dass die wiederkehrende Spannung keine Rückzündung mehr verursachen kann. Damit diese Ölbewegung wirklich zustande kommt, müssen Hilfs- und Hauptlichtbogenlängen aufeinander abgestimmt, und die Vorbrenndauer des Hilfslichtbogens derart bemessen sein, dass der Hilfslichtbogen dauernd einen höheren Druck erzeugt in der Druckkammer, als der Hauptlichtbogen in der Löschkammer.

#### 5. Abschaltversuche im Kurzschlusshaus

Nachdem die erforderliche Hilfslichtbogenlänge und Vorbrenndauer durch Versuche genauer bestimmt worden waren, liessen sich Ströme bis 20 000 A ohne Schwierigkeiten unterbrechen. Die Resultate bestätigten die Richtigkeit der bei der Entwicklung der Löscheinrichtung gemachten Überlegungen. Abschaltungen bei 50 Hz ergaben ebenfalls gute Resultate. Nach entsprechender Regulierung der Kontaktrohrebewegung beim Ausschalten ist der Schalter deshalb für alle zwischen 15 und 50 Hz liegenden Frequenzen verwendbar.

#### 6. Abschaltversuche im Netz der Schweizerischen Bundesbahnen

Bevor die Schalter in Betrieb genommen wurden, fanden Abnahmeversuche im Netz der Bundesbahnen statt. Eine erste Serie von Schaltungen wurde im Maschinenhaus Altendorf des Eitzelwerkes durchgeführt.

Bei Kurzschluss wird die 16-kV-Sammelschiene über 3 Dreiwicklungstransformatoren durch 3 bei 10 kV arbeitende Generatoren und aus dem 66-kV-Übertragungsnetz gespeist. Die an der Sammelschiene maximal auftretende Kurzschlussleistung beträgt ca. 180 MVA. Die vorhandenen Generatoren und Transformatoren erlauben die Einstellung von Kurzschlußströmen auf der 16-kV-Seite zwischen 1700 und 10 000 A.

Mit dem direkt zwischen Sammelschiene und Erde eingebauten Schalter wurde der Kurzschluss eingeleitet und abgeschaltet. Im Verlaufe der Versuche musste der Schalter bei ca. 15 kV mehrmals Ströme von 1700, 3500, 6500, 9500 und 9900 A einschalten und unterbrechen. Dabei erreichte der Einschaltstrom Werte bis zu 23 000 A. Diese Prüfungen wurden vom Schalter ohne Schwierigkeiten und besondere äussere Erscheinungen bestanden.

Bei dem im Anschluss an diese Serie von Abschaltversuchen mit den gebrauchten Kontakten durchgeführten Erwärmungsversuch erreichte die maximale Übertemperatur den Wert von 26 °C bei einem Nennstrom von 600 A. Dies beweist, dass Kon-

taktsystem und Druckfedern richtig dimensioniert sind.

Weitere Abschaltversuche fanden im Unterwerk Seebach statt. Hier kann die 16-kV-Sammelschiene

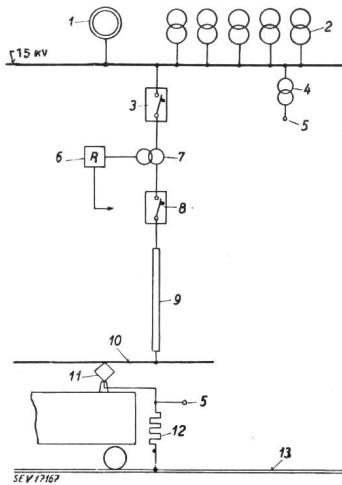


Fig. 3  
Schalterschema für die Abschaltversuche im Unterwerk Seebach der SBB  
1 Umformer 8000 kVA; 2 Transformatoren von je 3000 kVA; 3 Schutzschalter; 4 Spannungswandler; 5 Anschlussklemmen des Oszillographen; 6 Überstromrelais; 7 Stromwandler; 8 Prüfschalter; 9 Kabel; 10 Fahrdrabt; 11 Stromabnehmer; 12 Shunt; 13 Schiene (Erde)

durch 5 Transformatoren zu 3000 kVA und einen Umformer (50/16<sup>2/3</sup> Hz) von 8000 kVA gespeist werden.

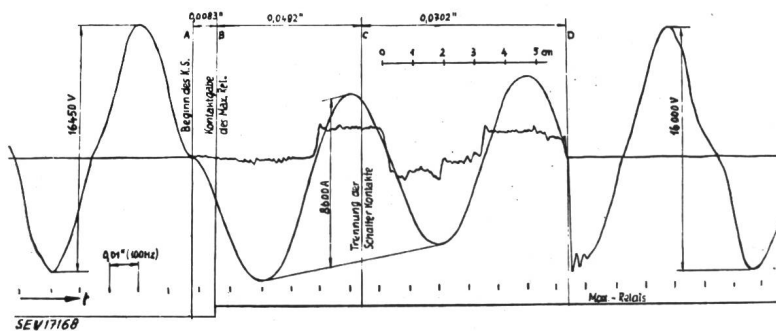


Fig. 4  
Oszillogramm der Abschaltung eines Kurzschlussstromes von 8600 A bei 16 kV durch den Ölstrahlschalter HPF 7 - 16<sup>2/3</sup> Hz (Nennspannung 30 kV, Nennstrom 1000 A, Nennabschaltleistung 250 MVA bei 16 kV) Aufgenommen anlässlich der Abschaltversuche im Unterwerk Seebach der SBB  
A Beginn des Kurzschlussstromes; B Kontaktgabe des Maximal-Relais; C Trennung der Schalterkontakte; D Löschkpunkt des Lichtbogens

Von der Sammelschiene leitete man den Kurzschlussstrom durch einen Schutzschalter in den Prüfschalter, führte ihn dann auf einen normalen Fahrdrabt und von diesem über einen Stromabnehmer mit Kohlschleifstück an Erde. Das prinzipielle Schalterschema ist in Fig. 3 wiedergegeben. Mit den vorhandenen Transformatoren und dem Umformer liessen sich einige zwischen 1500 und 10 000 A liegende Ströme auf der 16-kV-Seite einstellen.

Bei diesen Versuchen wurde der Kurzschluss durch den Schutzschalter eingeleitet. Der normale Kurzschlusschutz veranlasste dann die Ausschaltung des Prüflings. Die folgenden Kurzschlussströme, nämlich 1800, 5500, 8600 und 9400 A, mussten bei einer Spannung von ca. 16 kV vom Schalter mehrmals unterbrochen werden. Fig. 4 zeigt das Oszillogramm der Abschaltung eines Stromes von 8600 A bei 16 kV. Die vom Schalter unterbrochenen Leistungen erreichten Werte bis 150 MVA, ähnlich wie in Altendorf. Während der Abschaltungen konnten von aussen keine besonderen Wahrnehmungen gemacht werden. Dem Ölabscheider entstieg nach jedem Versuch ein Rauchwölkchen, herrührend von den Lichtbogengasen. Die Kurzschluss-

dauer variierte zwischen 0,08 und 0,13 s. An diesen Werten war das Überstromrelais mit einer Eigenzeit von 0,005 bis 0,01, der Schalter mit einer Eigenzeit von 0,04 bis 0,05 s beteiligt, währenddem sich Lichtbogendauern von 0,03 bis 0,07 s einstellten. Die Streuung der Lichtbogenzeit entspricht, wie ausgeführt, ungefähr der Dauer einer Halbperiode von 16<sup>2/3</sup> Hz.

Der Schalter hat die Kurzschlussströme so schnell unterbrochen, dass selbst bei stillstehendem Stromabnehmer nur ganz geringe Abbrennspuren am Stromabnehmerschleifstück und am Fahrdrabt entstanden sind, während bei den alten in den Unterwerken noch eingebauten Speisepunktschaltern Bügelteile und Fahrdrabt oft ganz abbrennen und Betriebsstörungen verursachen. Die Versuche zeigten, dass der Schalter im untersuchten Bereich den gestellten Anforderungen vollauf entspricht. Insbesondere kann er, dank der kurzen Ausschaltzeit, das Entstehen von Kurzschlusschäden im bisherigen Ausmass verhüten.

### 7. Betriebserfahrungen

Die ersten dieser Schalter stehen schon seit zehn Jahren in Betrieb und haben sich gut bewährt. Be-

reits nach vier Jahren war die Verminderung der Betriebsstörungen infolge Kurzschlusschäden in

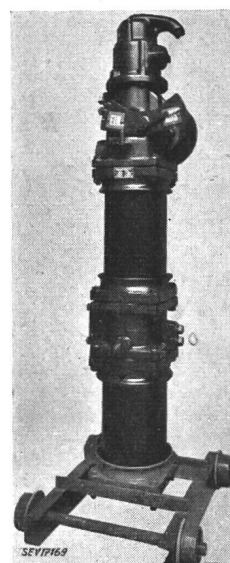


Fig. 5  
Ölstrahlschalter HP 7 - 16<sup>2/3</sup> Hz für Innenraumaufstellung (Nennspannung 20 kV, Nennstrom 1000 A, Nennabschaltleistung 250 MVA bei 16 kV) Eingebaut als Fahrleitungs-Speisepunktschalter im Netz der SBB

den von den Schaltern geschützten Fahrleitungsbezirken deutlich zu Tage getreten. Diese Tatsache ist

hauptsächlich der durch den Schalter erreichten Reduktion der Kurzschlussdauer von 0,8 s auf 0,08...0,13 s zuzuschreiben.

Auf Grund dieser Erfahrungen stellte man vor sechs und vor vier Jahren noch weitere Schalter,

auch den Innenraumtyp, in Betrieb. Fig. 5 zeigt diesen Typ. Er enthält nur 20 l Öl, während der Aussenraumschalter nach Fig. 2 ein Ölvolumen von 30 l aufweist.

Adresse des Autors:

H. Ehrensperger, Ingenieur, Sprecher & Schuh A.-G., Aarau.

### Zur Herleitung des Coriolis-Satzes

Von H. Weber, Zürich

531.114

Die folgenden Überlegungen sind wahrscheinlich nicht neu, sicher aber wenig bekannt, was ihre Veröffentlichung rechtfertigt<sup>1)</sup>.

Ein Punkt und ein Fahrzeug bewegen sich in einer Ebene. Fig. 1 zeigt mit Beginn  $t = 0$  verschiedene Bahnen des Punktes  $P$ , nämlich:  $a$  die absolute

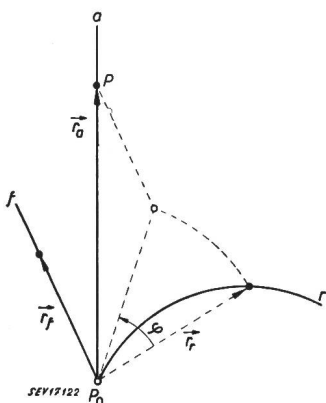


Fig. 1

Bahnen des Punktes  $P$

$a$  absolute Bahn des Punktes  $P$

$r$  relative Bahn,

$f$  absolute Bahn des Fahrzeugpunktes  $P_0$

$\vec{r}_a, \vec{r}_r, \vec{r}_f$  Fahrstrahlen

$\varphi$  Drehwinkel des Fahrzeuges

Bahn,  $r$  die Bahn relativ zum Fahrzeug und  $f$  die Bahn, wenn er ab  $t = 0$  mit dem Fahrzeug fest verbunden wäre. Nach Ablauf der Bewegung wird das Fahrzeug in die Ausgangslage zurückverlegt und die Relativbahn auf die Zeichenebene projiziert. Diese Projektion ist in der Figur dargestellt. Der Drehwinkel des Fahrzeuges von 0 bis  $t$  sei  $\varphi$ .  $\vec{r}_a, \vec{r}_r, \vec{r}_f$  seien die Fahrstrahlen von  $P_0$  aus,  $\vec{\varphi}$  sei ein Vektor senkrecht auf der Ebene, der die Drehung darstellt. Die 1. und 2. Ableitung von  $\vec{r}$  bzw.  $\vec{\varphi}$  nach der Zeit seien  $\vec{v}$  und  $\vec{a}$ , bzw.  $\vec{\omega}$  und  $\vec{\alpha}$ .

<sup>1)</sup> Dieser Artikel wurde veranlasst durch die Besprechung des Buches: Mechanik, von E. Meissner und H. Ziegler, im Bull. SEV Bd. 41(1950), Nr. 2, S. 50.

Als Grundlage der mathematischen Behandlung dient folgende kinematische Erkenntnis: Die absolute Bahn setzt sich additiv zusammen aus der relativen Bahn, aus der Rotation und aus der Translation des Fahrzeuges.

In komplexer Darstellung:

$$\vec{r}_a = \vec{r}_r + (\vec{r}_r e^{j\varphi} - \vec{r}_r) + \vec{r}_f$$

oder  $\vec{r}_a = \vec{r}_r + \vec{r}_r (e^{j\varphi} - 1) + \vec{r}_f$

Für eine kleine Zeit  $t = 0$  bis  $\Delta t$  gilt:

$$\vec{r}_a = \vec{r}_r + \vec{r}_r j\varphi + \vec{r}_f$$

oder  $\vec{r}_a = \vec{r}_r + \vec{r}_f + \vec{\varphi} \times \vec{r}_r$  (1)

Differenziert man ein 1. und 2. Mal nach der Zeit, so erhält man:

$$\vec{v}_a = \vec{v}_r + \vec{v}_f + \vec{\omega} \times \vec{r}_r + \vec{\varphi} \times \vec{v}_r$$
 (2)

$$\vec{a}_a = \vec{a}_r + \vec{a}_f + \vec{\alpha} \times \vec{r}_r + \vec{\omega} \times \vec{v}_r + \vec{\omega} \times \vec{v}_r + \vec{\varphi} \times \vec{a}_r$$
 (3)

Im Zeitpunkte  $t = 0$ , ist  $\vec{r}_r = 0$  und  $\vec{\varphi} = 0$ ; hier gilt:

$$d\vec{r}_a = d\vec{r}_r + d\vec{r}_f$$
 (1')

$$\vec{v}_a = \vec{v}_r + \vec{v}_f$$
 (2')

$$\vec{a}_a = \vec{a}_r + \vec{a}_f + 2\vec{\omega} \times \vec{v}_r$$
 (3')

Dem geübten Mathematiker gelingt es, Gl.(3') aus Gl.(1') herzuleiten.

Adresse des Autors:

H. Weber, dipl. EL-Ingenieur, Magnusstrasse 8, Zürich 4.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Gesundheitliche Gefährdung durch Fluoreszenzlampen

621.327.4 : 535.37  
615.9 : 546.45

Wir haben im Bull. SEV 1949, Nr. 26, S. 1039...1040, und 1950, Nr. 3, S. 87, darauf hingewiesen, dass die Gefährdung durch zerbrochene Fluoreszenzlampen praktisch ganz belanglos ist und keinerlei Grund zur Beunruhigung besteht. Trotzdem fahren übereifrige Leute fort, über die Gefährlichkeit von berylliumhaltigen Fluoreszenzlampen zu schreiben, nicht nur in der Schweiz, sondern auch im Ausland. So sah sich auch das «Comité National Belge de l'Eclairage» veranlasst, nach Bull. Soc. Belge Electr. 1950, Nr. 1, folgenden Brief an die Bürgermeister der grösseren Ortschaften zu richten: Monsieur le Bourgmestre,

Votre attention aura vraisemblablement été attirée par divers articles de presse et communiqués relatant le danger

grave que présenterait le contact de débris des tubes fluorescents de plus en plus utilisés actuellement en éclairage. Ces articles avaient créé dans le public une émotion qu'il n'était plus possible de négliger.

Le Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale et le Ministère de la Santé Publique et de la Famille viennent de publier conjointement un communiqué dont nous nous permettons de vous joindre une copie, et dans lequel les autorités responsables reconnaissent que le danger d'intoxication est, en fait, tellement réduit qu'il peut être considéré comme pratiquement inexistant.

Parallèlement à cette initiative officielle, le Conseil d'Administration du Comité National Belge de l'Eclairage, qui suivait attentivement l'évolution de l'état d'esprit de l'opinion sur ce sujet, s'était décidé également depuis plusieurs semaines, à mener une enquête internationale objective auprès