Ein neues System der selbsttätigen Fehlerisolierung in Traktions-Leitungsnetzen

Autor(en): **Lüthy, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **81/82 (1923)**

Heft 12

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-38974

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

legten Teile begründet sind, sondern dass sich die Erscheinung bis auf den festen Untergrund fortsetzen kann, da, wie gezeigt, $\Delta\,\sigma_e$ von H_1 unabhängig ist. Anderseits aber wäre dadurch auch die Tatsache begründet, dass bei mehrmaligem Absenken- und Wideransteigenlassen des Grundwasserspiegels die Setzungen zur Ruhe kommen.

2. Das zuerst gefundene Resultat, dass der Gesamtdruck auf die Unterlage bei Absenkung des Wasserspiegels abnimmt, steht nur scheinbar im Widerspruch mit der anfangs aufgestellten Behauptung, dass bei Seeufern die Abrutschung durch eine Vermehrung des Druckes auf den Böschungsfuss begründet sei.

Ueber die Ursachen von Uferabbrüchen bei der Absenkung von Seespiegeln.

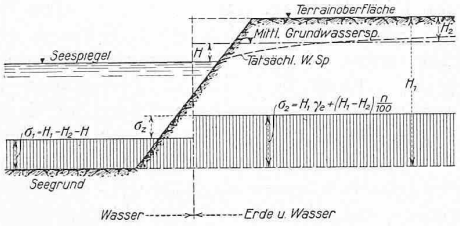


Abb. 2.

Der Einfachheit halber sollen der Seegrund sowohl, wie auch die Bodenoberfläche über Wasser horizontal angenommen werden, ebenso der mittlere Grundwasserspiegel, der nicht mit dem Seespiegel übereinzustimmen braucht. Im Sinne der Abbildung 2 wirkt dann auf den Seegrund ein spezifischer Druck von

$$\sigma_1 = H_1 - H_2 - H$$

während in der selben Wagrechten unterhalb des Ufers ein Druck $\sigma_2 = H_1 \cdot \gamma_e + (H_1 - H_2) \cdot \frac{n}{100}$ vorhanden ist. Die Differenz beider Belastungen wird

$$\sigma_z = \sigma_2 - \sigma_1 = H_1 \cdot \left(\gamma_e - 1 + \frac{n}{100}\right) + H_2 \cdot \left(1 - \frac{n}{100}\right) + H$$

Das Material unterhalb des Ufers ist also um den eben berechneten Wert σ_z mehr belastet als der Seeboden. Diese Mehrbelastung nimmt nun mit abnehmendem Grundwasserspiegel zu. Wenn bei sich senkendem Seespiegel die Höhendifferenz H zwischen dem mittlern Grundwasserspiegel und dem Seespiegel stets konstant bleibt und die Seespiegelabsenkung $\Delta\,H$ beträgt, so wird demnach die einseitige Belastung σ_z um den Betrag

$$\Delta\,\sigma_z = \Delta\,H\left(1 - \frac{n}{100}\right)$$

zunehmen, d. h. gerade um den der Wassersäule $\Delta\,H$ entsprechenden Auftrieb im Boden.

Um diese Verhältnisse klar zu legen, sei an eine allgemein übliche Berechnungsweise im Grundbau erinnert. Man pflegt bei einem Bauwerk, z. B. einem Brückenpfeiler, der im Oberflächen- oder Grundwasser steht, die effektiven Bodenpressungen um den sog. Auftrieb zu vermindern. Ist σ die tatsächliche Bodenpressung, H die Höhe des Wasserspiegels über der Fundamentsohle, so wird $\sigma - H$ ganz allgemein als massgebende Pressung angesehen, ohne dass man mit Sicherheit weiss, ob der Auftrieb H sich tatsächlich einstellt. Im Gegenteil wird ja bei Talsperren neuerdings nicht mehr mit der vollen Grösse H gerechnet, wo sie im Sinne einer Vergrösserung der Abmessungen des Bauwerks wirken würde.

Beim allseitig vom Wasser umgebenen Bauwerk ist aber die Einführung des Auftriebs dennoch, und zwar aus einem ganz andern Grunde zulässig. Die Fundamentsohle ist zwar unter allen Umständen durch die Pressung σ, und nicht blos durch $\sigma - H$ beansprucht; denn wenn der Auftrieb tatsächlich auch eintreten sollte, so wirkt er in der Fuge als hydrostatische Pressung auch nach abwärts. Aber einem eventuellen Ausquetschen der Sohle wirkt nun der allseitig um das Fundament vorhandene Druck H entgegen, wodurch sich als massgebender Fundamentdruck nur noch der Ausdruck $\sigma - H$ herausstellt.

Um auf den Fall des Seeufers zurückzukommen, ist es also die *einseitige* Belastung

$$\sigma_z = H_1 \cdot \left(\gamma_e - 1 + \frac{n}{100}\right) + H_2 \cdot \left(1 - \frac{n}{100}\right) + H$$

und nicht der *absolute* Druck

$$\sigma_2 = H_1 \cdot \gamma_e + (H_1 - H_2) \cdot \frac{n}{100}$$

der das Ausquetschen verursacht. Erstgenannte nimmt aber, wie bereits gesagt, bei zunehmendem Wert H_2 ebenfalls zu, während der zweite abnimmt.

Nach meiner Auffassung kann daher die Erscheinung der Seeuferabbrüche am ungezwungensten durch die Einführung des Begriffs der einseitigen oder der Zusatz-Pressung erklärt werden.

Ein neues System der selbsttätigen Fehlerisolierung in Traktions-Leitungsnetzen.

Von Ing. *H. Lüthy*, Aarau.

In der „Schweiz. Bauzeitung“ vom 14. Oktober 1922 ist anlässlich der Beschreibung der Schaltanordnung in Fahrleitungsanlagen der Schweizerischen Bundesbahnen u. a. auf das System der Fehlerisolierung in der Fahrleitungs-Anlage Sihlbrugg-Zürich hingewiesen worden. Die bezüglichen Einrichtungen sind insofern bemerkenswert, als sie unter Berücksichtigung ihrer voll-automatischen Wirkungsweise nicht nur erheblich geringere Anschaffungskosten bedingen, als die bisher in Fahrleitungsanlagen verwendeten, halb-automatischen Systeme, sondern weil sie auch eine praktische Lösung des Problems eines Ueberstromschutz-Systemes für grosse Traktions-Leitungsnetze mit vielen unter sich zusammenhängenden Teilstrecken verkörpern. Nachdem nun der elektrische Betrieb auf dieser Strecke seit 1. März 1923 aufgenommen ist und daher Versuchs- und Betriebsergebnisse vorliegen, sei im nachstehenden eine nähere Beschreibung der Wirkungsweise und der Konstruktion dieser Einrichtungen gegeben.

Das System der selbsttätigen Fehlerisolierung erfüllt die Aufgabe, bei einem Störungsfall in der Fahrnetzanlage das mit der Störung behaftete Teilstück der Fahrleitung innert kurzer Zeit aus der Gesamtanlage auszuscheiden, ohne den Bahnbetrieb auf den gesunden Strecken zu stören. An und für sich sind Systeme, die diese Aufgabe in Kraftverteilungsnetzen in befriedigender Weise lösen, bekannt und beschrieben worden. Ihre Wirkungsweise besteht darin, dass sie den gestörten Netzteil eingrenzen und durch die dem Fehlerort zunächst liegenden automatischen Schalter abtrennen; diese Vorgänge vollziehen sich in einem Zeitraum, für den die von der Störung in Mitleidenschaft gezogenen Einrichtungen durch die zunehmende Erwärmung noch keinen Schaden nehmen.

Die Verwendbarkeit dieser Systeme wird jedoch begrenzt durch die Ausdehnung und Gestaltung des Netzes. Betrachtet man die Verhältnisse beispielsweise bei dem in der Praxis am meisten verbreiteten und am besten bekannten Ueberstromschutz-System mit Zeitrelais, so ist zu erkennen, dass bei grosser Netzausdehnung zur Gewährleistung der richtigen Ausschaltung die höchst eingestellte Zeit in unerwünschter Weise verlängert werden muss, oder dann die einzelnen Zeitabstufungen derart verkleinert werden müssen, dass Einstellung und Ueberwachung der Apparate bis zur Unmöglichkeit erschwert werden. Diese Schwierigkeiten lassen sich wohl überbrücken durch Verwendung der Differentialschaltung. Dafür treten hier Erwägungen bezüglich Anlage- und Unterhaltungskosten in den Vordergrund, sowie die Gefahr von Störungen durch die notwendigen Hilfsleitungen längs den zu schützenden Leitungsstücken, die die Differentialschaltungen in der Regel von der Verwendung ausschliessen.

Das nachbeschriebene System der Fehlerisolierung überwindet diese Schwierigkeiten in vollkommener Weise. Es umfasst 18 Fahrleitungsabschnitte, die sich unterscheiden in geschlossene Doppel-Fahrleitungen zwischen den Stationen und in offene Stations-Fahrleitungsabschnitte. Die Zusammenschaltung in den Stationen Zürich bis

Sihlbrugg, soweit sie für das neue System in Betracht kommen, ist schematisch aus Abb. 1 ersichtlich.

In jeder Station sind die Fahrleitungsabschnitte über elektrisch ferngesteuerte Freiluft-Strecken-Oelschalter zusammenschaltbar, die in einem besonderen Schaltposten vereinigt sind. Diese Schaltungsweise erlaubt, irgend einen Abschnitt ausser Betrieb zu setzen, ohne die Leitungskontinuität zu stören. Die Stromlieferung erfolgt von den 15 kV Sammelschienen des Unterwerkes Sihlbrugg aus, über den sogenannten Speisepunktschalter, der mit Maximalstrom-Momentauslösung versehen ist und bei einem Isolationsfehler anspricht und auslöst. Nach dem Ansprechen wird die Fahrleitungsanlage jedoch nicht vollständig abgeschaltet, sondern sie erhält über den Prüfwiderstand — in dem nahezu die volle Betriebspannung aufgezehrt wird — den Prüfstrom, dessen Wert im Unterwerk beobachtet werden kann, um beim Zurückgehen auf ein bestimmtes Mass die Wiedereinschaltung des Speisepunktschalters vornehmen zu können. Es ist nun die eigentliche Aufgabe des Systems der selbsttätigen Fehlerisolierung, die vom Fehler behaftete Fahrleitungstrecke aus der Anlage herauszusuchen und abzutrennen.

Der Zeitraum, der für die Aufsuchung der gestörten Strecke zur Verfügung steht, wird nur begrenzt durch die Wärmekapazität des Prüfwiderstandes und durch die Bedingung, dass die Betriebstörung in der Fahrzeit nicht zur Auswirkung kommt. Man hat daher keine Rücksicht auf die thermische Gefährdung der Streckenschalteinrichtung zu nehmen, da diese nur vom Prüfstrom (max. 7,5 A.) durchflossen wird. Die erfolgte Abtrennung der gestörten Leitungstrecke macht sich bemerkbar durch Verschwinden des Prüfstromes und durch Wiedererscheinen der vollen Spannung auf den gesunden Fahrleitungstrecken.

Wirkungsweise. Die selbsttätige Abtrennung wird besorgt von zwei Elementen pro Station, nämlich zwei Nullspannungsrelais und einem elektrisch gesteuerten Schaltregler, die die Gleichstromspannung von einer Akkumulatorenbatterie zu 36 Zellen erhalten. Diese Apparate sind im Aufnahmegebäude, in der Nähe des Fernsteuerungs-Tableau für die Streckenschalter (Abb. 2) montiert. Die beiden Nullspannungsrelais werden von zwei Spannungswandlern 15 000/110 V gespiesen, die an die beiden ankommenden Fahrleitungen angeschlossen sind. In Sihlbrugg genügt für den gleichen Zweck ein Spannungswandler. Der Schaltregler wird durch einen kleinen Gleichstrom-Elektromotor angetrieben.

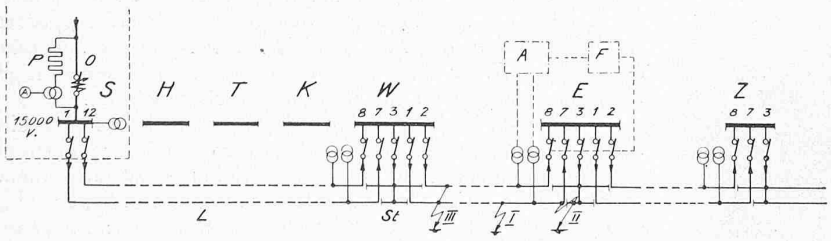


Abb. 1. Streckenschaltanlage Sihlbrugg-Zürich. — *S* Schaltposten Sihlbrugg (Unterwerk), *H* Station Horgen-Oberdorf, *T* Thalwil, *K* Kilchberg, *W* Wollishofen, *E* Enge, *Z* Zürich-Hbf., *A* Automatische Apparatur, *F* Fernsteuerungs-Tableau, *L* Fahrleitung, *St* Stations-Streckenabschnitt, *O* Speisepunkt-Schalter, *P* Prüfwiderstand.

Beim Auftreten eines Kurzschlusses schaltet der Speisepunktschalter sofort aus und die Fahrnetzanlage wird nahezu spannungslos; durch Abfallen der Nullspannungsrelais werden die Motoren der Schaltregler sämtlicher Stationen gleichzeitig in Betrieb gesetzt. Ueber eine besondere Kontaktanordnung schaltet nun ein Schaltregler, in Zürich beginnend (vergl. Abb. 1), zuerst den Stations-Fahrleitungsabschnitt 3 aus und wieder ein, hierauf trennt er die beiden in Zürich ankommenden Fahrleitungen 7 und 8 ab, in welcher Schaltstellung die betreffenden Streckenschalter bis auf weiteres verbleiben. Hierauf folgen die Aus- und Wiedereinschaltungen der beiden in Enge abgehenden Fahrleitungen 1 und 2 des Stations-Fahrleitungsabschnittes 3 und die blosse Ausschaltung der ankommenden Fahrleitungen 7 und 8, durch den auf dieser Station vorhandenen Schaltregler. Diese Schalterbetätigungen pflanzen sich dann fort und erreichen nach einer gewissen Zeit die beiden „abgehenden" Schalter 1 und 12 im Unterwerk Sihlbrugg. Die erwähnten Vorgänge haben zur Folge, dass nacheinander jeder Streckenabschnitt während der Dauer einer Abschaltung beidseitig vom Netz abgetrennt wird. Trifft diese Erscheinung an die mit der Störung behaftete Strecke, z. B. zwischen Enge und Wollishofen (Fall I in Abb. 1), so verschwindet im Augenblick der Abschaltung der Prüfstrom und die Fahrdrahtspannung kehrt wieder zurück. Die darauffolgende Anziehung der Nullspannungsrelais in Wollishofen hat nun zur Folge, dass jede weitere Schalttätigkeit des Schaltreglers sofort unterbrochen wird, daher also der „abgehende" Schalter 1, dessen Ausschaltung das Verschwinden der Störung veranlasste, ausgeschaltet bleibt. Die Fahrdrahtspannung teilt sich über Schalter 2 in Wollishofen dem „ankommenden" Schalter 8 in Enge mit, wobei durch das Wiederanziehen des Nullspannungsrelais dieser Streckenschalter wieder eingeschaltet wird, während Schalter 7 der gestörten Strecke zufolge Ausbleibens der Spannung nicht wieder einschaltet. Die Fahrdrahtspannung pflanzt sich bis Zürich fort, indem sie die durch die vorangegangene Schalttätigkeit ausgeschaltet gebliebenen Streckenschalter 7 und 8 in Zürich mittels der Nullspannungsrelais selbsttätig wieder einschaltet. In den Stationen, die im Augenblick der Rückkehr der Spannung von der Schalttätigkeit noch nicht erreicht worden sind, wird durch das Wiederanziehen der Nullspannungsrelais lediglich die Einwirkung der Schaltregler auf die Streckenschalter-Fernsteuerungen verhindert. Dies betrifft im angeführten Beispiel die Stationen Kilchberg, Thalwil, Horgen-Oberdorf und Sihlbrugg. In Sihlbrugg wird ausserdem der Speisepunktschalter mit der Rückkehr der Spannung selbsttätig wieder eingeschaltet und damit die Anlage wieder betriebsfähig gemacht. Eine gewisse Zeit nach dieser Wiederherstellung des normalen Zustandes kommen die Schaltregler aller sieben Stationen gleichzeitig zum Stillstand. Das Endresultat der erwähnten Vorgänge ist also das selbsttätige Ausschalten der der Fehlerstelle zunächst liegenden Streckenschalter, das durch Signallampen und akustische Signale angezeigt wird. Die Schaltung erlaubt ohne weiteres den Anschluss von Zweiglinien und die Fortsetzung zu einem oder mehreren andern Unterwerken, sodass alle Unterwerke gemeinsam ein verzweigtes Fahrnetz speisen, das aber im Falle eines Fehlers in entsprechend viele offene Netzteile aufgetrennt wird. Da nach Auftrennung der Fehler in den gesunden offenen Netzteilen verschwindet und diese von ihrem Unterwerk aus sofort wieder die volle Spannung erhalten, so wird in diesen der Betrieb unmittelbar wiederhergestellt, während in dem mit dem Fehler behafteten Netz der automatische Isoliervorgang seinen normalen Verlauf nimmt.

Gegenüber den bisher bekannten Ueberstromschutz-Systemen ist die Tatsache bemerkenswert, dass bei gleicher Schutzwirkung die abzuschaltende Leistung der Streckenschalter praktisch Null ist, da diese nur den Prüfstrom unterbrechen müssen. Die Kurzschlussleistung wird in allen Störungsfällen ausschliesslich durch den Speisepunktschalter bewältigt, sodass die Streckenschalter entsprechend leicht und billig ausfallen. Dieser Vorteil fällt vor allem beim Bahnbetrieb in Betracht, weil er erlaubt, die Fahrnetzanlage in vermehrter Weise in automatisch geschützte Leitungsabschnitte zu unterteilen, als dies bei Verwendung von Leistungschaltern der Fall sein würde.

Von wesentlicher Bedeutung für die richtige Abschaltung einer gestörten Leitungstrecke ist die Einhaltung der Aufeinanderfolge der Schalterbetätigungen von Station zu Station. Diese wird dadurch gewährleistet, dass sämt-

liche auf die Stationen verteilten Schaltregler miteinander synchron laufen, wobei durch entsprechende Einstellung der die Fernsteuerungen betätigenden Kontaktsegmente dafür gesorgt ist, dass sich die Betätigungen zweier benachbarten Stationen nicht überdecken. Der Synchronismus der Schaltregler stellt sich selbsttätig ein, indem jeder Schaltregler einmal durch den in allen Stationen absolut gleichzeitig auftretenden Spannungsrückgang im Störungsfall in Gang gesetzt, eine ganze Umdrehung der Walze zwangsläufig vollzieht, unbekümmert um die weiteren Vorgänge im Netz; dabei ist die Umdrehungszeit sämtlicher Schaltregler auf einen konstanten Wert eingestellt, der, mit Rücksicht auf die wechselnde Batteriespannung (im Mittel 72 V), durch eine Tourenregulier-Vorrichtung überwacht wird.

Beschreibung der Apparate. Die Abbildung 3 zeigt den geöffneten *Schaltregler*. Oberhalb im Kasten befindet sich der Antriebmechanismus mit Drehzahlregulator, während im unteren Teil zwei Kontaktwalzen sichtbar sind. Während die eine Walze die Betätigungsfolge der fünf Streckenschalter in der betreffenden Station überwacht, dient die zweite Walze dazu, den Beginn dieser Betägigung rechtzeitig zu veranlassen. Diese Walze vollzieht während der Zeit von 46 Sekunden eine Umdrehung im bereits erwähnten Sinne. Eine Einstellvorrichtung mit Skala erlaubt, den Apparat für irgend welchen Betätigungszeitpunkt einzustellen. Die Drehzahl der erst erwähnten Walze ist ein Mehrfaches der andern, welche Anordnung erhebliche Vereinfachungen im Aufbau des Schaltreglers bietet. Die Schleifkontakte schalten stromlos aus, infolgedessen weder Kontaktsegmente noch Finger einem Verschleiss unterliegen. Im weiteren sind noch Segmente für Spezialzwecke vorgesehen, auf deren Aufgabe wir noch zurückkommen werden.

Die zum Schaltregler gehörenden *Steuerapparate* sind im Relaiskasten untergebracht (A in Abb. 1), der noch einen durch den normalen S. B. B. Wagenschlüssel zu betätigenden Ausschalter besitzt. Ausserdem ist noch eine Meldelampe vorgesehen, die eine Störung in der Fahrnetzanlage und das Funktionieren der automatischen Apparatur anzeigt. Die Relais selbst sind einfache Spannungsrelais, deren Kontakte, dank der zweckmässigen Anordnung im Schema, ebenfalls nur stromlos öffnen.

Das *Fernsteuerungstableau* (F in Abb. 1) umfasst die Steuerschalter mit den Ein- und Ausschaltkontakten für die Streckenschalter, sowie den roten und den grünen Meldelampen. Im Störungsfalle werden die Steuerschalter derart selbsttätig elektrisch verriegelt, dass die daraufhin einsetzende automatische Schalttätigkeit durch einen allfälligen Eingriff des Stationspersonals nicht gestört werden kann. Es ist auch Vorsorge getroffen, dass eine Leitungstrecke, die z. B. wegen Reparaturen ausgeschaltet ist, von der automatischen Schalttätigkeit nicht berührt wird, wodurch die Gefahr einer selbsttätigen Einschaltung der betr. Schalter beseitigt ist. Die einzelnen Kommandoschalter sind in ihren Stellungen durch eine besondere Schiene, die nur vom Stationsvorstand freigegeben werden kann, verriegelt. Das auf dem Kasten aufmontierte Voltmeter kann durch einen seitlich angebrachten Umschalter an die Spannung der einen oder andern ankommenden Leitungen angelegt werden. Die Anordnungen im Kasteninnern sind durch Aufklappen nach oben zugänglich gemacht.

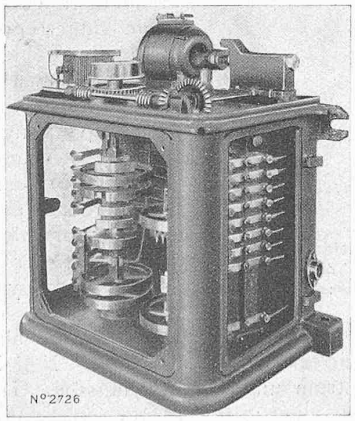


Abb. 3. Schaltregler geöffnet.

Die *Streckenschalter* sind als Freiluft-Oelschalter für 24 kV Nennspannung und 600 A Normalstrom gebaut. Sie besitzen in den Oelkasten eingebaute Magnetfernantriebe und sind auf Fahrrollen und aus den Schaltposten leicht ausfahrbar montiert.

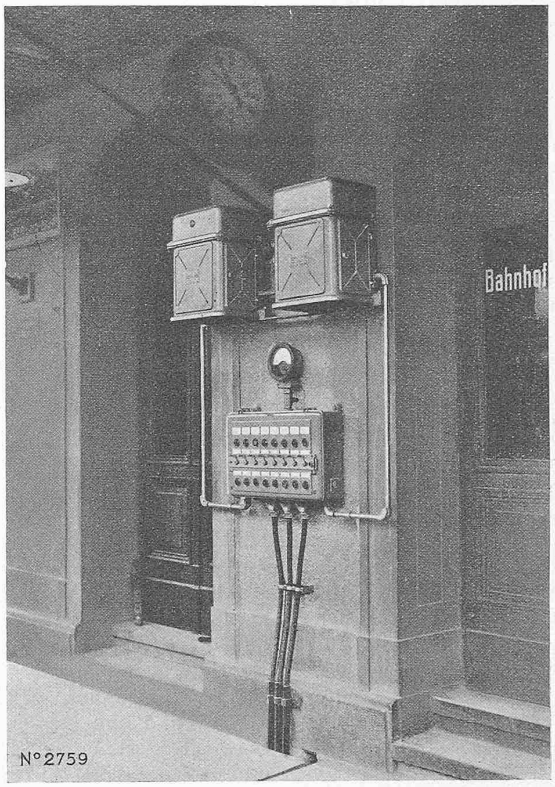


Abb. 2. Fernsteuerungstableau für die Stationschalter, darüber die Schaltregler.

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen komplette Schaltposten. Nebst den Oelschaltern sind noch ersichtlich die notwendigen Trennmesser und Spannungswandler, welch letztere durch koronafreie Hochspannungs-Sicherungen geschützt sind. Diese Sicherungen sind derart angeordnet, dass sie mit der für die Trennmesser verwendeten Schaltstange leicht aus den Kontakten gehoben werden können.

Lieferung und Montage der beschriebenen Apparate erfolgten durch die *Fabrik elektrischer Apparate Sprecher & Schuh A.-G.* in Aarau. Die Apparate für selbsttätige Fehlerisolierung sind ihr patentrechtlich geschützt.

Verhalten im Betrieb. In den meisten Fällen ist ein Spannungsrückgang im Betrieb die Folge einer vorangegangenen Störung, sei es durch Ueberschlag an einem Isolator oder direkten Erdschluss zufolge eines mechanischen Fehlers. Sind die Kurzschlüsse nur intermittierend, und zwar nur während höchstens 5 sek, so tritt nirgends eine Schalttätigkeit ein; sind es jedoch dauernde Erdschlüsse, wie dies fast immer im Störungsfall vorkommt, so tritt die automatische Apparatur im bereits erwähnten Sinne in Tätigkeit. In jeder Station lässt sich der Vorgang der Schalttätigkeit am Fernsteuerungstableau leicht verfolgen, da die grünen Signallampen abwechslungsweise und bei halber Lampenspannung aufleuchten. Die Schalttätigkeit in einer Station mit fünf Streckenschaltern dauert 4 sek; die Schalttätigkeit längs der ganzen Strecke Sihlbrugg-Zürich wird innert 40 sek vollzogen. Eingehende Versuche haben jedoch gezeigt, dass diese Zeit noch auf etwa die Hälfte herabgesetzt werden kann, wobei noch genügende Sicherheit für richtiges Schalten der beteiligten Relais und Streckenschalter vorhanden ist. Im ungünstigsten Fall, d. h., wenn sich der Netz-Fehler beim Unterwerk befindet, verstreicht somit eine Zeit von 40 sek, bis das Fahrleitungsnetz wieder Strom abgeben kann. Diese

Tatsache ist für den Bahnbetrieb nicht ungünstig, da allfällig auf der Strecke sich befindliche Bahnzüge während dieses Zeitraums zweifellos durch die lebendige Kraft allein schon weiterbewegt werden. Für anfahrende Züge ist die entsprechende Verspätung ohne Belang.

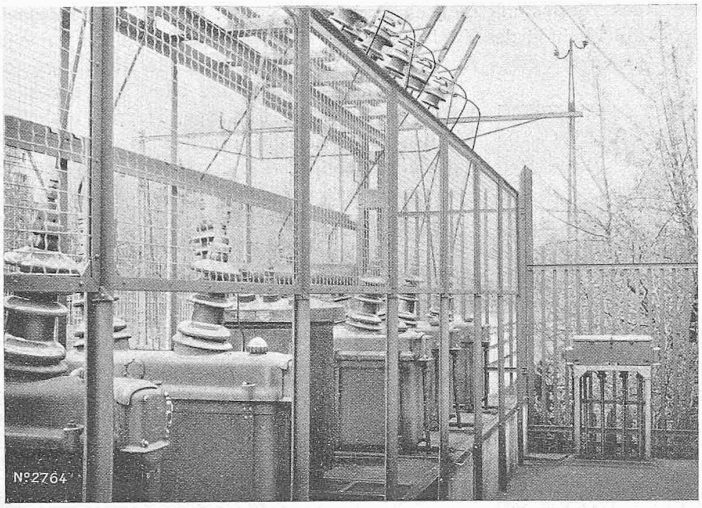


Abb. 5. Apparate eines Schaltpostens auf der Strecke Zürich-Sihlbrugg.

Es mag noch untersucht werden, wie sich die Wiederherstellung des Betriebzustandes gestaltet, falls sich auf dem gesunden Teil der Fahrnetzanlage ein Zug befindet. Trotzdem der Lokomotiv-Hauptschalter Nullspannungs-Verriegelung besitzt, ist der Fall nicht ganz ausgeschlossen, dass der Führer versucht, den Schalter wieder einzuschalten, zufällig im Augenblick, da die volle Spannung durch Behebung der Störung über den Prüfwiderstand wieder erscheint. Versuche in dieser Hinsicht auf der Strecke Zug-Goldau haben gezeigt, dass der obige Fall sogar in zwei Lokomotiven eintreten darf, wobei die Wiederherstellung des Betriebzustandes (gekennzeichnet durch Wiedereinschaltung der ankommenden Leitungen vermittelst der Nullspannungsrelais) anstandslos vor sich geht, da der von den beiden Lokomotiven aufgenommene und über den Prüfwiderstand geleitete Strom noch keinen derartigen Spannungsabfall erzeugt, dass die wieder erscheinende Spannung unter das für das Anziehen der Nullspannungsrelais notwendige Mass vermindert wird.

Die besondere Anordnung der Doppel-Fahrleitungen und der Stations-Fahrleitungsabschnitte beim Einfahrtsignal lässt die Möglichkeit vorhanden erscheinen, dass ein für beide Leitungsabschnitte gleichzeitiger Erdschluss auftritt, z. B. die Fahrleitung zum Schalter 7 und die Stationsleitung 3 (Fall II in Abb. 1). Dieser Möglichkeit trägt die automatische Apparatur dadurch Rechnung, dass im Verlaufe einer ersten Betätigungsperiode zunächst die Schalter 7 und 1 ausgeschaltet werden und in der zweiten Periode der Stationsabschnitt abgetrennt wird, wodurch die kranken Netzteile auch in diesem Fall von der gesunden Anlage isoliert werden.

Eine weitere Kurzschlussmöglichkeit ist gegeben durch zufällig gleichzeitige Erdung der beiden benachbarten Fahrleitungen (Fall III). In diesem Fall bleiben die beiden ankommenden Schalter 7 und 8 trotz Wiedererscheinen der Spannung an den Nullspannungsrelais ausgeschaltet. Dabei bleibt allerdings der ganze Netzteil jenseits der Kurzschlusstelle spannungslos. Die Tatsache, dass damit auch gesunde Leitungsabschnitte ausser Betrieb gesetzt werden, ist diesmal ohne Belang, da die Stromzuführung zu den gesunden Strecken sowieso nicht bewerkstelligt werden kann.

Das Verschwinden der Spannung ist nicht, wie bisher angenommen wurde, immer die Folge eines Kurzschlusses. Betrachten wir nur den Fall, wo die Gesamtanlage vom Unterwerk aus ganz abgeschaltet wird (Speisepunktschalter und Prüfwiderstand aus). Dabei werden sich die gleichen Betätigungen wie in einem Störungsfall längs der ganzen Strecke vollziehen. Nach dem bisher Gesagten ergibt sich dann als Endresultat, dass sämtliche Streckenschalter der ankommenden Leitungen in Ausschaltstellung verbleiben, darauf wartend, dass sie beim Wiedererscheinen der Spannung nach der Betriebspause durch die Nullspannungsrelais wieder eingeschaltet werden. Es zeigt sich jedoch unter Umständen, dass während der erwähnten Betriebspause die Fahrleitung nicht absolut spannungslos ist. Es kann nämlich der Fall eintreten, dass sich neben der ausgeschalteten Fahrleitung eine andere, unter Spannung gesetzte Fahrleitung befindet; dieser Fall trifft zu beim Uebergang von einem ausser Betrieb gesetzten Speisebezirk in einen im Betrieb sich befindlichen und ergibt sich in der Regel als Parallelführung der betreffenden Fahrdrähte im Abstande der Doppelspur und auf eine durch die Geleiseanlage bestimmte Länge. Dabei ist nun zu beachten, dass der unter Spannung befindliche Fahrdraht der abgeschalteteten Leitung über das dielektrische Feld eine Spannung influenziert, die abhängt vom Verhältnis der Kapazität der beiden Drähte gegeneinander zur Kapazität des influenzierten Drahtes gegen Erde. Berechnungen und Versuche haben gezeigt, dass auf diese Weise auf 5 km Parallelführung etwa 6000 Volt Spannung statisch erzeugt werden. Mit Rücksicht auf die bevorstehende Elektrifikation der Strecke Thalwil-Richterswil und die sich hieraus ergebenden Parallelführungen in Thalwil ist dem Einfluss der erwähnten Spannung auf die Nullspannungsrelais dadurch begegnet worden, dass die Kapazität der abgeschalteten Fahrleitung gegen Erde möglichst gross gehalten wurde. Dies ist jedoch nur möglich, nachdem die Fahrleitung auch nach der Ausserbetriebsetzung ein zusammenhängendes Stück von Sihlbrugg bis Zürich bildet. Es sind daher am Schaltregler die bereits erwähnten zusätzlichen Segmente vorgesehen, die nach Beendigung der Schalttätigkeit oder Durchprüfung längs der ganzen Fahrleitungsanlage die ankommenden Doppel-Fahrleitungen wieder einschalten.

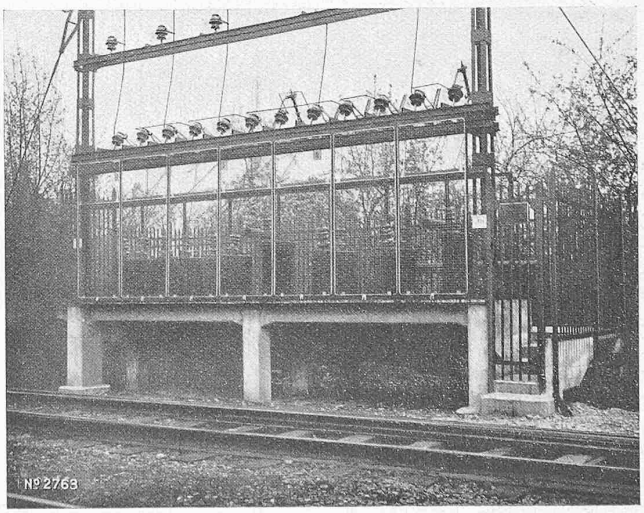


Abb. 4. Schaltposten auf der Strecke Zürich-Sihlbrugg der S. B. B.

Es sei noch erwähnt, dass die richtige Betriebsweise der vorbeschriebenen Apparate auf allen Teilstrecken eindeutig festgestellt wurde durch künstlich erzeugte Kurzschlüsse die man dadurch bewirkte, dass man bei ausgeschaltetem Speisepunktschalter die Erdungsstange an die Schiene und an den Fahrdraht legte. Inzwischen ist dem System mehrfach Gelegenheit geboten worden, seine Aufgabe an wirklich aufgetretenen Kurzschlüssen zu erfüllen.