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

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 67 (1976)

Heft: 14

Artikel: Der Betrieb eines ausgedehnten Fahrleitungsnetzes unter besonderer Berücksichtigung von Störungssituationen

Autor: Strauss, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915184

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: 10.12.2025

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

BULLETIN

des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
de l'Association Suisse des Electriciens

des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke
de l'Union des Centrales Suisses d'Electricité

Elektrotechnik – Electrotechnique

Der Betrieb eines ausgedehnten Fahrleitungsnetzes unter besonderer Berücksichtigung von Störungssituationen

Von P. Strauss

621.332 : 621.316.37

An Fahrleitungsnetze müssen besonders grosse Verfügbarkeitsansprüche gestellt werden, da Ausfälle fast immer mit schweren Bahnbetriebsstörungen verbunden sind. Wegen der vielfältigen Beanspruchungen derartiger Netze können Störungen nie völlig vermieden werden. Es gilt deshalb, den Wirkungsbereich eingetretener Störungen möglichst schnell und weitgehend einzuschränken. Dazu sind eine strenge Eingrenzungssystematik sowie Fernwirkanlagen, als ständig verfügbare Verbindung zu den Schaltanlagen in der Fläche, nötig. Die Eingrenzungssystematik kann mit technischen Hilfsmitteln wirkungsvoll trainiert werden. Aufbau und Einsatzweise zweier Fernwirksysteme für den Fahrleitungsbereich der SBB werden beschrieben.

Les réseaux des lignes caténaires doivent être aussi constamment disponibles que possible, car des pannes provoquent presque toujours de graves perturbations dans l'exploitation ferroviaire. Du fait des multiples sollicitations de ces réseaux, il est toutefois impossible d'éviter totalement les perturbations. Il importe donc de restreindre rapidement et efficacement leur étendue. Pour cela, il faut une systématique de délimitation très stricte ainsi que des installations de télécommande reliées en tout temps aux installations de couplage. L'entraînement à la systématique de délimitation peut être obtenu efficacement par des moyens techniques auxiliaires. L'auteur décrit la constitution et l'utilisation de deux systèmes de télécommande pour le réseau des lignes caténaires des CFF.

1. Struktur des Fahrleitungsnetzes

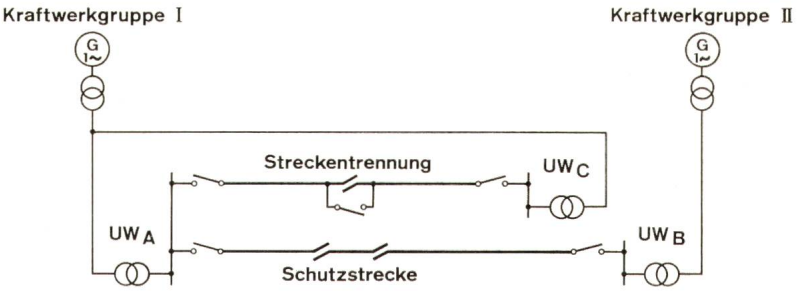
Das Fahrleitungsnetz ist die unterste Ebene des Bahnstromversorgungsnetzes von 16⅔-Hz-Frequenz der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB). Mit einer Spannung von 15 kV transportiert es die Traktionsenergie über kurze und mittlere Distanzen und gibt diese an die sich in Fahrt befindenden Triebfahrzeuge ab.

Wie jedes elektrische Netz ist auch das Fahrleitungsnetz aus unterhalts- und schutztechnischen Gründen in Leitungseinheiten unterteilt. Eine erste und besonders wichtige Unterteilung ist diejenige in topographische Speisebereiche. Jedem Bereich ist im Unterwerk ein Leistungsschalter mit den nötigen Schutzeinrichtungen zugeordnet. Die Unterwerke befinden sich deshalb mit Vorteil in den Sternpunkten des Netzes, wo mittels kurzer Leitungen möglichst viele Speisebereiche erreicht werden.

Grösse und Ausdehnung der Bereiche variieren. So kann bereits ein grosser Bahnhof Speisebereich sein, anderseits existieren Bereiche, deren Längenausdehnung so gross ist, dass die Unterscheidung zwischen hohen Betriebsströmen und Kurzschlüssen am fernen Ende schwierig wird. Zweck der Unterteilung in Speisebereiche ist es, den Einfluss von Störungen vom ersten Moment an auf einzelne Netzabschnitte zu beschränken.

Speisebereiche können auf verschiedene Weise aneinandergrenzen. Wo infolge des übergeordneten Netzes die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass angrenzende Bereiche nichtsynchrone Spannungen führen, muss eine Schutzstrecke, ein spannungsloses Fahrleitungsstück, angeordnet werden (Fig. 1). Stossen Bereiche synchroner Spannung aneinander, so genügt in der Regel eine einfache Streckentrennung. In einer scherenartig angeordneten Zone der Parallelführung zweier Fahrdrähte kommutiert dort das durchfahrende Triebfahrzeug seinen Strom vom einen Speisebereich auf den andern, wobei es diese kurzzeitig miteinander verbindet. Nachteilig wirkt sich dabei aus, dass durch unterschiedliche Last- und Impedanzverhältnisse in der Streckentrennung immer eine mehr oder weniger grosse Spannungsdifferenz herrscht. Wird die Parallelführung von einem Triebfahrzeug sehr langsam befahren, so gelingt die oben beschriebene Kommutation infolge fehlender Mechanismen der Lichtbogenverlängerung und -kühlung nicht, und der vom Pantographen durch gleichzeitiges Beschleifen beider Leitungsabschnitte ausgelöste Ausgleichsstrom zwischen den beiden Speisebereichen wird in Form eines stehenden Lichtbogens auftreten. Derartige Ereignisse können mit dem Durchschmelzen des Fahrdrahtes enden, ohne dass ein Fehlverhalten des Schutzes vorliegt. Häufig werden aus diesem

Fig. 1
Mögliche Arten des Angrenzens der Fahrleitungen verschiedener Speisebereiche



Grund aneinandergrenzende Abschnitte über einen Leistungs-Kuppelschalter direkt zusammengeschaltet, der im Störungsfall den so erweiterten Versorgungsbereich wieder in zwei unabhängige Teilabschnitte auftrennt.

Als feinere Unterteilung folgt diejenige in Strecken- und Stationsabschnitte. Fig. 2 zeigt eine typische Schaltung für Doppelspurstrecken. Als Schaltelemente kommen Trenner oder Lasttrennschalter zum Einsatz, die sich normalerweise in einem auf Stationsgebiet angeordneten Schaltposten befinden. Diese haben neben der Einschränkung des Einflussbereiches von Störungen auch wichtige Funktionen bei der Ausführung von Unterhaltsarbeiten.

Unterste Stufe der Unterteilung ist schliesslich die Sektionierung der Bahnhofsanlagen, die bis zur Ausschaltbarkeit kurzer Fahrleitungsstücke, z. B. über Verladerampen, reicht. Solche Schalter werden in der Regel dezentral angeordnet und sind nur von lokaler Bedeutung.

Je nach Ausbaustandard werden die Schaltposten heute noch durch Stationspersonal «vor Ort», in moderneren Anlagen über eine Ortssteuerung vom Bahnhofgebäude aus und in Zukunft immer mehr über Fernwirkanlagen vom speisenden Unterwerk aus bedient.

2. Störungsstatistik und -analyse

Auf dem Netz des Kreises III der SBB von total 2300 km elektrifiziertem Geleise stehen 3600 km Freileitungen und 60 km Kabel unter Spannung. In diesem Netz haben sich im Durchschnitt der Jahre 1972...1975 jährlich rund 1000 Kurzschlüsse ereignet. Davon waren 6 % von anhaltender Dauer, während die restlichen nur zu einer Kurzunterbrechung führten. Tabelle I gibt Auskunft über die prozentuale Verteilung der Störungsursachen.

Gemäss diesen Erfahrungswerten ist jährlich mit 0,27 Störungen pro Leitungskilometer zu rechnen, annähernd eine Zehnerpotenz mehr als für ein 16-kV-Netz der Landesversorgung, wenn man für das Drehstromnetz als Leiterlänge die dreifache Leitungslänge einsetzt.

Betrachtet man nur die 6 % der Störungen, bei denen die Wiedereinschaltung vorerst erfolglos bleibt, und berücksichtigt man, dass von diesen wiederum ca. ein Drittel nach wenigen Minuten durch eine manuelle Wiedereinschaltung behoben werden kann, so ist schliesslich mit 0,01 schweren Betriebsstörungen pro Leitungskilometer und Jahr zu rechnen. Dazu ein Beispiel: Die vorwiegend einspurige Linie von Zürich nach Rapperswil misst 36 Streckenkilometer. Die installierten Leitungen machen jedoch über 100 km aus. Darin sind die Speiseleitungen sowie die Anlagen der Unterwegsbahnhöfe eingerechnet. Auf dieser Strecke wird, statistisch betrachtet, demnach jährlich ein Ereignis eintreten, das sich betrieblich in grösserem Umfang störend auswirkt.

Die bedeutend höhere Störungsanfälligkeit eines Fahrleitungsnetzes gegenüber 16-kV-Drehstromnetzen wird kaum verwundern: Ein Fahrleitungsnetz wird durch die Stromabnehmer der Triebfahrzeuge ständig mechanisch beansprucht, alle Abstände sind verhältnismässig gering, und ein über den Phasenleitern als Blitzschutz angeordnetes Erdseil fehlt. Zudem stehen pro Leitungseinheit wesentlich mehr Elemente unter Spannung, als dies bei einer reinen Transportleitung der Fall ist. Schweren Störungen schliesslich förderlich sind die bedingt durch fahrdynamische Eigenschaften notwendigen hohen Montagespannungen sowie die grossen Kurzschlussleistungen, kombiniert mit den durch die 16⅔-Hz-Frequenz bedingten langen Schalterzeiten. Dass auch eher ungewöhnliche Störungen eintreten können, zeigt Fig. 3.

Prozentuale Verteilung der Störungsursachen
(Mittelwerte 1972 bis 1975) Tabelle I

Unbekannte Ursachen	33,6 %
Natureinwirkungen (Bäume, Gewitter, Tiere)	22,8 %
Personalverschulden (Fahrt in geerdete Sektoren usw.)	19,2 %
Traktionsbetrieb (Schäden an Triebfahrzeugen usw.)	18,3 %
Defekte Fahrleitungsanlagen	6,1 %
Total	100,0 %

3. Störungsbehandlung

Die Netze der 16⅔-Hz-Bahnfrequenz kennen die Schnellwiedereinschaltung innerhalb von Sekundenbruchteilen nicht. Betrieblich besteht dafür keine Notwendigkeit, da fahrende Züge Spannungsausfälle von wenigen Sekunden Dauer wegen ihrer kinetischen Energie ohne weiteres verkraften, technisch setzen hier die Leistungsschalter gewisse Grenzen. Gegen eine Schnellwiedereinschaltung mit dem Risiko eines zweiten Kurzschlusses spricht auch die geringe Widerstandsfähigkeit der Fahrleitungsteile gegen die thermischen Wirkungen grosser Kurzschlußströme.

Die Wiedereinschaltung erfolgt deshalb bei den SBB nach einigen Sekunden völliger Spannungslosigkeit über eine

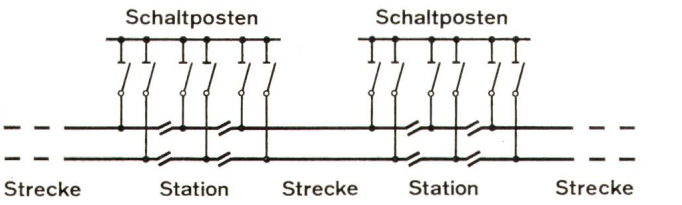


Fig. 2 Typische Schaltung der Strecken- und Stationsfahrleitungen

Prüfimpedanz von 375 Ω. Dabei wird der so auf 40 A begrenzte Strom gemessen und bewertet, was entweder zur automatischen Wiedereinschaltung oder zur Auslösung eines Alarmes führt. Erst in diesem Fall wird Betriebspersonal in das Störungsgeschehen eingreifen müssen.

Rund um die Uhr sind nur die Zentralen der Energie produzierenden Anlagen besetzt. Der Schaltstand der reinen Unterwerke wird in der Regel nur während der normalen Arbeitszeit direkt oder via Fernwirkanlagen überwacht. Alarmmeldungen, die während der unbedienten Zeit einlaufen, werden über Telefon-Pikett-Einrichtungen in die Wohnung des diensthabenden Personals übermittelt. Es ist leicht einzusehen, dass damit kein unzulässiges Risiko eingegangen wird: Pro Unterwerk ist durchschnittlich mit ca. 5 derartigen Ereignissen pro Jahr zu rechnen, dies bei einem Verhältnis bedienter zu unbedienter Zeit von 1:2 und unter Voraussetzung ähnlicher Wahrscheinlichkeit für den Eintritt von Störungen in beiden Betriebsarten.

Der durch den Alarm «Kurzschluss permanent» in den Schaltstand gerufene Schaltwärter trifft, sofern im Unterwerk noch keine Fahrleitungsfernsteuerung installiert ist, eine ihm unbekannte Situation vor. Ausser der Meldung, welcher Speisebereich gestört ist, liegen aus dem Netz keine näheren Anhaltspunkte über Art und Ort der Störung vor.

Grundsätzlich wird die Störungseingrenzung nach der Methode des fortgesetzten Halbierens der gestörten Strecke durchgeführt (Fig. 4). Durch Prüfung der jeweils verbleibenden Abschnitte und entsprechende Folgerungen muss versucht werden, die Fehlerstelle bis auf die kleinste, einzeln abschaltbare Leitungseinheit zu lokalisieren. Sämtliche Schaltbefehle für das Auftrennen des Netzes werden, sofern keine Fernwirkanlagen vorhanden sind, telefonisch an das Fahrdienstpersonal der Bahnhöfe übermittelt und von diesem ausgeführt. Dabei ist peinlich genau über den jeweiligen Schaltzustand Buch zu führen, da sonst schon nach wenigen Schalthandlungen jegliche Übersicht verloren geht. Ziel der Störungseingrenzung ist es

– den Störungsort möglichst genau zu lokalisieren und aus dem Netz zu trennen

– nicht betroffene Abschnitte möglichst bald wieder unter Spannung zu setzen und für den Betrieb freizugeben

– die Störungsbehebung in die Wege zu leiten

– die bahnbetriebsführenden Stellen zu orientieren und damit Entscheidungsgrundlagen für weitere Dispositionen zu liefern.

Diesen Anforderungen in allen Situationen gerecht zu werden, ist in der Praxis nicht einfach. Zwei Massnahmen können hier wesentliche Verbesserungen bringen, einerseits die Instruktion und das Training in der Eingrenzungssystematik, anderseits Fernwirkanlagen für die Ausführung der Schaltbefehle und für deren Rückmeldung.

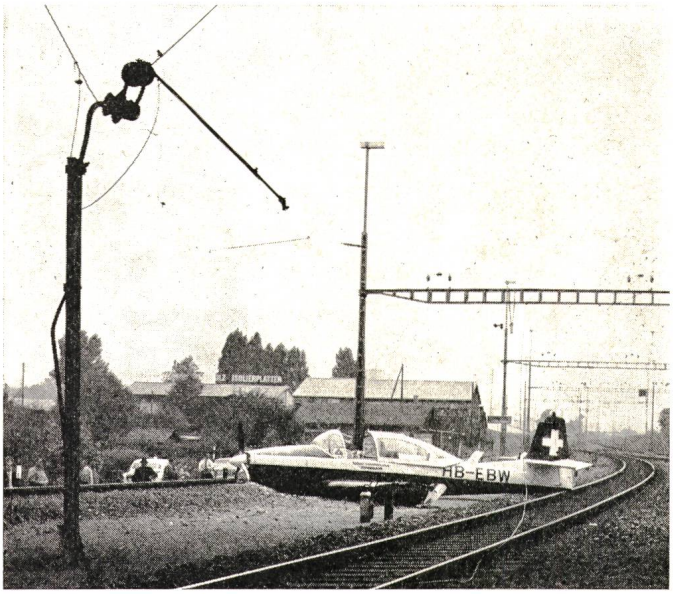


Fig. 3 **Ungewöhnliche Fahrleitungsstörung. Notlandung eines Schulflugzeuges im Bahnhof Zürich-Altstetten**

4. Übungsschaltstand für das Personal der Unterwerke

Die beschriebene Systematik der Störungseingrenzung setzt die Fähigkeit voraus, einen Prozess in kleinen Schritten streng logisch zu durchlaufen, die Verzweigungen zu erkennen und die richtigen Entscheide zu treffen.

Zur Ausbildung in Eingrenzungssystematik ist im Unterwerk Brugg der SBB ein eigentlicher Übungsschaltstand eingebaut worden. Für dessen technischen Ausbaustandard war davon auszugehen, dass vorläufig keine Fernwirkanlagen installiert sind, die Schaltbefehle demnach telefonisch zu übermitteln und alle Schaltungen zu protokollieren sind.

Die Anlage ist in zwei getrennte Räume aufgeteilt. Im kleineren Raum, der den Schaltstand des Übungsunterwerks darstellt, befindet sich ein Pult mit den Bedienungselementen der 15-kV-Anlage für drei Speisebereiche (Fig. 5). Das Unterwerksschema enthält alle in der Praxis verwendeten Kuppel- und Umgehungsmöglichkeiten. Die Manipulationen für die Schalter- und Trennersteuerung sowie die Ablesungen für Ströme und Spannungen entsprechen der Wirklichkeit genau. Ausser diesem Pult stehen dem Schüler nur noch das

Schritt	Prüfresultat		geprüfte Strecke (▭ ≙ Stationen)	Folgerung + ≙ inkl. – ≙ exkl.
	gut	schlecht	a b c d e f g h	
1		X		a^+ bis h^+ gestört
2	X			e^+ bis h^+ gestört
3	X			g^+ bis h^+ gestört
4		X		g^+ bis h^- gestört
5	X			g^- bis h^- gestört

Fig. 4
Störungseingrenzung durch fortgesetztes Halbieren der Strecke

Netzschema, eine Uhr und Telefonapparate für den Kontakt mit der «Aussenwelt» zur Verfügung.

Diese Aussenwelt, d. h. das Fahrleitungsnetz, befindet sich auf einer Mosaikschalttafel, welche im grossen Instruktionslokal angeordnet ist. Die Tafel zeigt ein Modellnetz von 24 Stationen mit den dazwischenliegenden Strecken und ist über entsprechende Rangierungen bis ins letzte Detail als Abbild der Anlagen verdrahtet. Das Netz wird von den drei Speisebereichen des Übungsunterwerkes versorgt, enthält diverse typische Konfigurationen, ist aber nichtexistent.

Auf dem Netzbild werden sämtliche Schaltungen, die vom Übungsunterwerk her angefordert werden, ausgeführt. Der Instruktor hat die Möglichkeit, an beliebigen Netzpunkten mittels Kurzschlußsteckern Fehler verschiedenster Art einzugeben. Um eine möglichst grosse Anschaulichkeit zu vermitteln, werden alle spannungslosen Leitungseinheiten ausgeleuchtet.

Der gesamte telefonische Verkehr spielt sich zwischen Schüler und Instruktor ab, der die Rolle aller Stationen spielt. Die Gespräche werden mittels eines Kassettenrecorders aufgezeichnet; gleichzeitig können sie über einen Lautsprecher im Instruktionslokal mitgehört werden. Mittels Tonfrequenzsignalen werden zudem die für den Ablauf der Eingrenzung wichtigen Resultate der Leitungsprüfung registriert.

Der praktischen Arbeit am Übungsschaltstand geht, insbesondere für Einführungskurse, ein theoretischer Teil voraus, in welchem die Eingrenzungstechnik und das Protokollierverfahren erläutert werden. Die Resultate der ersten durchgeführten Kurse sind erfreulich; sie zeigen aber auch deutlich deren Notwendigkeit.

Nach der Einführung umfassender Fernwirksysteme werden gewisse Bereiche der Instruktion an Bedeutung verlieren. So fällt z. B. die telefonische Übermittlung der Schaltbefehle und ein Teil der Protokollierarbeit weg, da auf dem Fernsteuertableau jederzeit der volle Überblick über das Netz gewährleistet ist. Bis dieser Zustand erreicht ist, muss mit einem gemischten Betrieb gerechnet werden. Eine spätere Anpassung der Übungsanlage an die Situation ausgebauter Fernwirkanlagen ist ohne weiteres möglich.

5. Fernwirkanlagen für den Fahrleitungsdienst, Vorgeschichte

Ihre Funktion als Mittel zur Störungseingrenzung können die Fahrleitungs-Schaltposten nur dann erfüllen, wenn auch jederzeit vom Unterwerk aus eine Eingriffsmöglichkeit besteht. Dass zu diesem Zweck Fernwirkanlagen eingesetzt werden müssen, war endgültig klar geworden, als die ersten Stationen soweit automatisiert waren, dass keine ständige lokale Betreuung für den Zugslauf mehr nötig war.

Nicht ganz einfach war es in diesen ersten Phasen der Automatisierung des Fahrdienstes, klare Vorstellungen darüber zu erarbeiten, auf welche Weise die Fernwirkanlagen für den Fahrleitungsbereich aufzubauen und zu organisieren sind. So sind denn auch einige Punkt-Punkt-Fernsteuerungen entstanden, die den Zweck hatten, die Bedienung der Fahrleitungs-Schaltposten einer nur noch teilweise bedienten Bahnstation der (vorerst noch) durchgehend bedienten Nachbarstation zu überbinden. Glücklicherweise wurde jedoch schnell klar, dass bei einem derartigen Vorgehen der Aufbau ausgedehnter Systeme verunmöglicht würde.

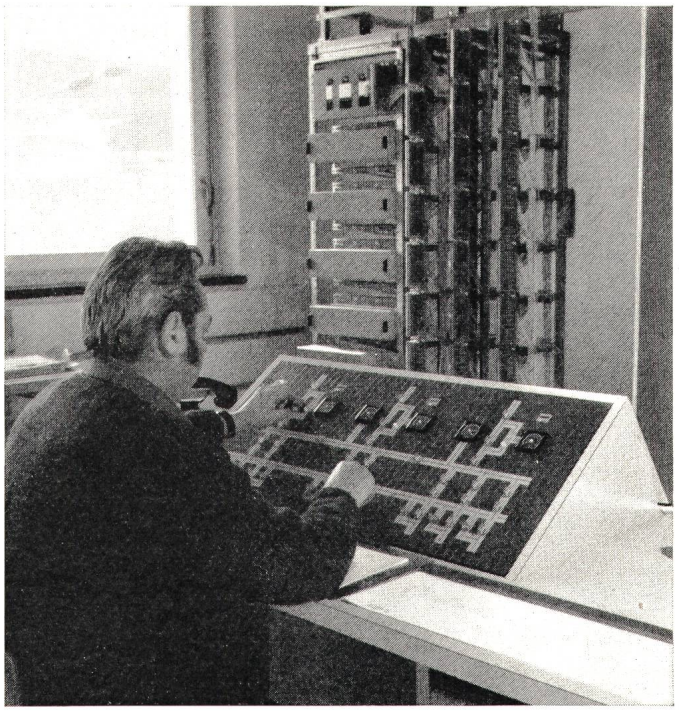


Fig. 5 Übungsschaltstand mit Bedienungspult Seite Unterwerk. Im Hintergrund das Apparategestell

In diversen Studien musste zuerst das Prinzip, dass der Schaltposten in erster Linie Glied in der Kette eines Energieversorgungssystems und erst in zweiter Linie eine lokale Betriebseinrichtung des Bahnhofes ist, erarbeitet und gefestigt werden. Aus dem Betriebskonzept entstand das technische Pflichtenheft, gemäss welchem die Fernwirkanlage mit einer Zentralstelle im speisenden Unterwerk sämtliche Schaltposten in seinen Speisebereichen fernzusteuern und zu überwachen hatte. Der Streckenstruktur entsprechend konnte nur ein Liniensystem in Frage kommen, bei dem der gesamte Datenverkehr von der Zentralstelle geregelt wird.

Pro Aussenstelle sollten ca. 10 Schalter ferngesteuert und deren Rückmeldungen sowie einige weitere Warnsignale übermittelt werden können. Messwerte waren keine zu übertragen. An die Übertragungsgeschwindigkeit mussten keine grossen Anforderungen gestellt werden, da der Meldungsumfang und insbesondere dessen Gleichzeitigkeit gering ist. Ein 2-Draht-Betrieb für ca. 20 Schaltposten sollte möglich sein.

Anfangs 1968, unmittelbar nach der Wahl des Systems und der Lieferfirma, wurde durch die Generaldirektion der SBB eine Arbeitsgruppe für Fahrleitungs-Schalt- und Steueranlagen eingesetzt, die die Detailbearbeitung zusammen mit dem Lieferanten durchzuführen hatte. Aus der intensiven Zusammenarbeit in dieser Gruppe ist schliesslich das heute angewandte System von Fernwirkanlagen für den Fahrleitungsdienst entstanden.

6. Fahrleitungsfernsteuerung 1. Ordnung

Die Fernsteuerung der Schaltposten vom speisenden Unterwerk aus wird als Fahrleitungsfernsteuerung 1. Ordnung bezeichnet [1] [1]). Als Steuertableaux gelangen solche in Mosaiktechnik und Ganzmetallausführung zur Anwendung. Die

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Befehlseingabe und Stellungsrückmeldung für Schalter erfolgt mit Steuerquittungsschaltern. Mittels Tasten und Lampen können Einzelbefehle eingegeben bzw. Alarmsignale angezeigt werden (Fig. 6).

Die Tafeln tragen auf ihrer Vorderseite ein vollständiges Bild der Fahrleitungsanlagen. Spannungslose Abschnitte erscheinen ausgeleuchtet. Sämtliche aktiven Elemente der Steuertafel werden über Stecker mit der Fernwirkanlage verbunden (Fig. 7). Dadurch sind Änderungen am Bild auf einfachste Weise jederzeit möglich. Auf Grund der Analyse ausgewählter Stations- und Streckenbilder war es möglich, einen Katalog von Standard-Mosaikbausteinen auszuarbeiten, der den Aufbau jeder Steuertafel ermöglicht. Dies reduziert selbstverständlich auch den Lagerhaltungs- und Bestellungsaufwand.

Die Forderung nach Ausleuchtung spannungsloser Abschnitte auf dem Tableau machte entsprechende Auswerteschaltungen und Ausgabeeinheiten nötig. Diese beziehen ihre Informationen aus der Fernwirkanlage und aus der Lokalsteuerung des Unterwerkes. Durch ein fest verdrahtetes gleichstrommässiges Abbild der Hochspannungsanlagen werden die nötigen Verknüpfungen hergestellt und an die Lampensteuerrelais abgegeben. Abbild und Relaissätze sind zwar funktionsmässig von der Fernwirkanlage getrennt, benützen jedoch die vorhandene Gestellreihenkonstruktion, die Stromversorgung und die Rangiergestelle der Fernsteuerung 1. Ordnung. Für die Bildausleuchtung wird aus Leistungsgründen Wechselspannung verwendet.

Bei der Störungseingrenzung wechseln die Abgabe von Schaltbefehlen ab Fernsteuertafel und Manipulationen an der Lokalsteuerung des Unterwerkes, insbesondere für die Leitungsprüfung, häufig miteinander ab. Um für dieses Vorgehen nicht ständig den Arbeitsplatz wechseln zu müssen, werden die Lokalsteuerungen der Unterwerke durch eine Prüfanwahl-Schaltung ergänzt, die es ermöglicht, die Leitungsprüfung vom Fernsteuertableau aus vorzunehmen. Aus ähnlichen Überlegungen werden dort auch die wichtigsten Zustandsmeldungen aus der Lokalsteuerung des Unterwerkes, wie z. B. Stellung der Leistungs- und Streckenschalter, wiederholt.

7. Fernwirksystem 2. Ordnung

Das «Fahrdienstreglement der schweizerischen Eisenbahnen» schreibt vor, dass kein (elektrisch betriebener) Zug nach einer spannungslosen Strecke abgefertigt werden darf und dass bei Spannungsausfall auf Stationsgebiet fällige Züge wenn möglich vor dem Einfahrsignal anzuhalten sind. Mit der fortschreitenden Automatisierung und Zentralisierung fahrdienstlicher Aufgaben musste auch dieser Problemkreis neu überdacht werden (Fig. 8).

Die Meldungen über den Spannungszustand der Strecken und Stationen stehen nach Vollausbau des Fernsteuernetzes 1. Ordnung zwar lückenlos in den Unterwerken zur Verfügung, werden offensichtlich aber auch in den für fahrdienstliche Belange geschaffenen Fernsteuerzentralen benötigt. Die Veranlassung für den Aufbau eines zweiten Fernwirksystems für diese Aufgabe besteht darin, dass sich diese Zentren in der Regel nicht in der unmittelbaren Nähe der Unterwerke befinden und dass deren Fernwirkbereiche auf der einen, diejenigen der Energieversorgung auf der andern Seite aus guten Gründen unterschiedlich aufgebaut sind. So kann z. B. eine von einer einzigen Fernsteuerzentrale aus betriebene Strecke in den Speisebereichen von zwei oder mehr Unterwerken liegen.

Eine möglichst rasche und richtige Orientierung der Fernsteuerzentralen über spannungslose Abschnitte liegt im allgemeinen Interesse. Sie ermöglicht es einerseits, Folgestörungen, verursacht durch das Einfahren von Zügen in gestörte

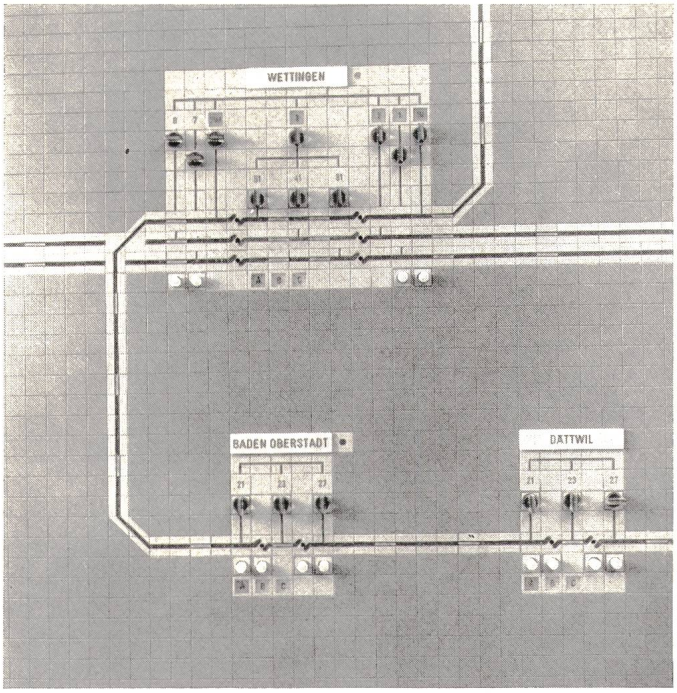


Fig. 6 Ausschnitt aus dem Fernsteuertableau, Vorderseite.
Deutlich erkennbar: Steuerquittungsschalter, Tasten, Leuchtbausteine für die Streckenausleuchtung

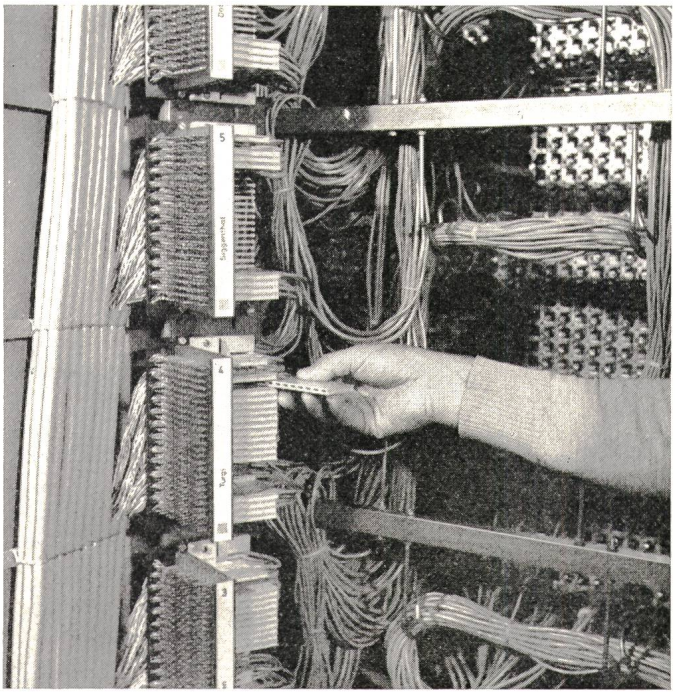


Fig. 7 Ausschnitt aus dem Fernsteuertableau, Rückseite
Steckverbindungen für die aktiven Elemente

Abschnitte, in vielen Fällen zu vermeiden, anderseits liefert sie die nötigen Dispositionshilfen, um Züge rechtzeitig anzuhalten oder umzuleiten, und hilft so mit, deren Steckenbleiben zu verhindern. Ein zweites Fernwirksystem, die sog. Fahrleitungsfernsteuerung 2. Ordnung, wurde deshalb in das System eingegliedert.

Die Eingangsgrössen, d. h. die Meldungen über den Spannungszustand der Strecken und Stationen, übernimmt die 2. Ordnung aus demselben gleichstrommässigen Abbild der Anlagen, das auch für die Tableauausleuchtung dient. Die Meldungen werden in den Unterwerken gesammelt, nach Zielen sortiert und den Fernwirkanlagen zugeführt, die diese nach den Fernsteuerzentralen übertragen. Der ohnehin schon beträchtliche Meldungsumfang kann bei dieser Aufgabe, insbesondere beim Auftreten umfangreicher Störungen, auch noch mit grosser Gleichzeitigkeit anfallen, weshalb hier ein schnelles Fernwirksystem nötig ist.

Kurzunterbrechungen in der Spannungsversorgung, die den Betriebsablauf nicht wesentlich stören, sollen das Fahrdienstpersonal der Fernsteuerzentralen nicht unnötig beunruhigen. Mittels einiger in den Unterwerken erzeugter Kriterien kann deshalb die Übertragung von Meldungen solange unterbunden werden, bis mit genügender Sicherheit feststeht, dass der neue Zustand von anhaltender Dauer ist.

Die Meldungsausgabe erfolgt in den Bedienungspulten der Fernsteuerzentralen durch akustischen Alarm und kleine, den betreffenden Strecken- und Stationsabschnitten zugeordnete, leuchtende Meldepfeile. Sie ermöglicht ein sekundenschnelles Reagieren auf einlaufende Meldungen.

8. Fernwirkanlagen: Grundsätzliches und Erfahrungen

Die Netzkarte für die Fahrleitungsfernsteuerung 1. Ordnung umfasst im heutigen Planungsstand die Ausrüstungen für 26 Unterwerke und 775 Aussenstellen. In diesen Zahlen sind die z. T. schon angemeldeten Bedürfnisse der Privatbahnen nicht enthalten. Für die Anlagen der 2. Ordnung ist der Bedarf heute noch nicht vollständig überblickbar. Er wird sich auf ca. 30 Unterwerk- und 100 Aussenstellenausrüstungen belaufen.

Trotz der Grösse der Aufgabe muss bei realistischer Betrachtung davon ausgegangen werden, dass für den Aufbau der Fernwirksysteme sowie deren späteren Betrieb und Unterhalt nicht mit wesentlichen Personalvermehrungen gerechnet werden darf. Personalsituation sowie Vielzahl und Weitläufigkeit der Anlagen stellen imperative Forderungen an die Einfachheit und Robustheit der Geräte. Folgenden Punkten wurde deshalb für beide im Aufbau befindlichen Systeme besondere Beachtung geschenkt:

- systematischer Aufbau mit sich wiederholenden Elementen
- modulare Ausbaumöglichkeit
- Auswechselbarkeit kleiner Einheiten
- Maximum an Fabrik-, Minimum an Individualverdrahtung
- normierte Schnittstellen, innerhalb des Systems und nach aussen
- Beschränkung auf Normelemente, Ausnahmen unzulässig
- leichtverständliche Dokumentation
- SBB-eigene Lagerhaltung der wichtigsten Normelemente

Die Anstrengungen für das kompromisslose Durchziehen derartiger Prinzipien machen sich in der späteren Praxis mehrfach bezahlt. So kann die Montage von Aussenstellen-

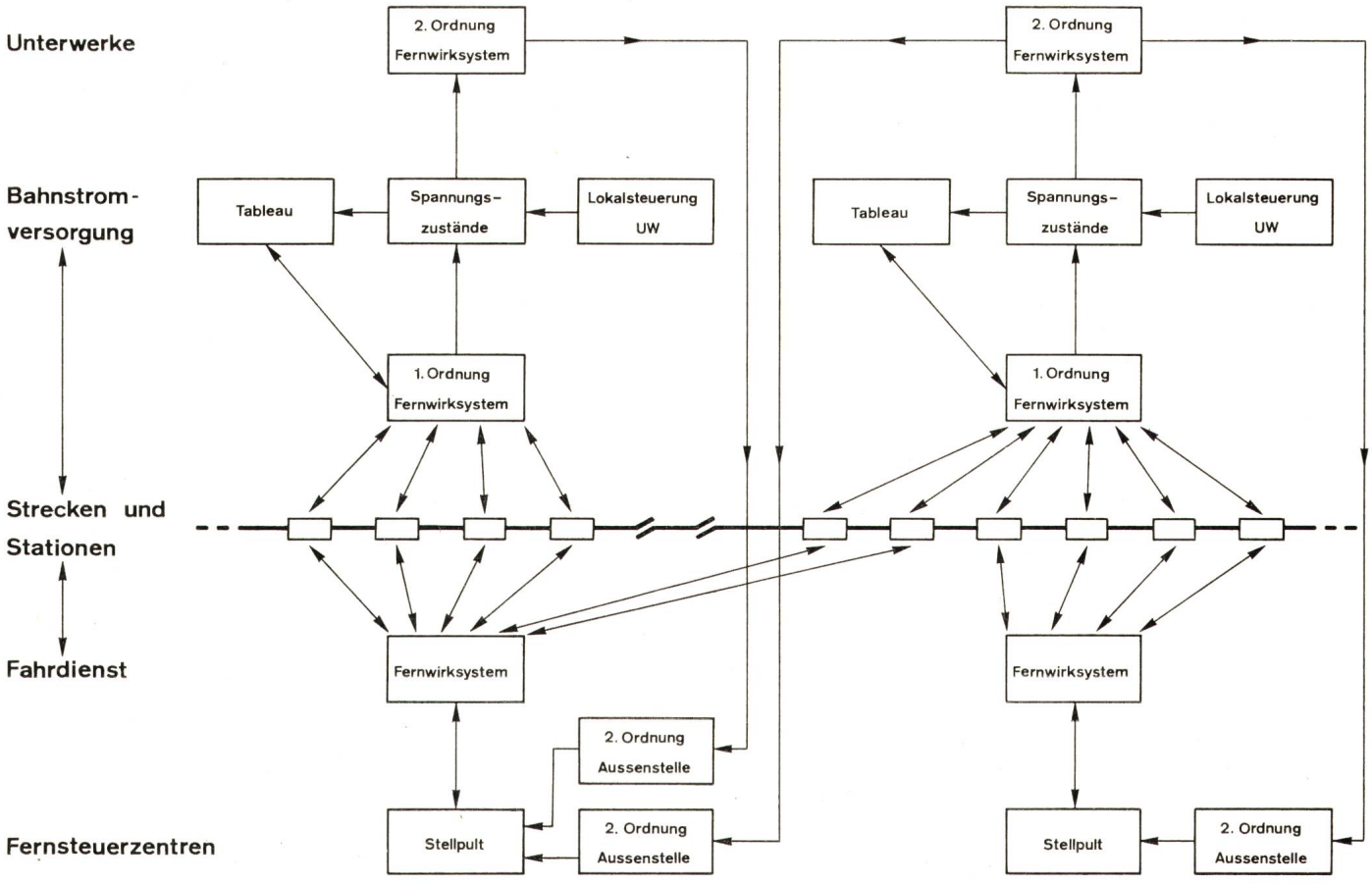


Fig. 8 Organisation der Fernwirksysteme 1. und 2. Ordnung für den Fahrleitungsdienst der SBB

Ausrüstungen der 1. Ordnung ohne Schwierigkeiten durch eigenes Personal ausgeführt werden. Da diese Anlageteile nur fabrikfertige Normverdrahtungen enthalten und der Übergang auf die Ortssteuerung über eine auftrennbare Normschnittstelle erfolgt, setzt die Lieferfirma solche, durch SBB-Personal montierte Anlageteile ohne weiteres in Betrieb und leistet auch in diesem Fall die normalen Garantien.

Im heutigen Zeitpunkt sind 25 Zentralenausrüstungen der 1. Ordnung mit ca. 60 Aussenstellen montiert und zum Teil seit mehreren Jahren in Betrieb. Dieser Umfang ist zwar, gemessen am Gesamtprojekt, bescheiden, erlaubt aber die Feststellung, dass sich das gewählte System bewährt, dass es die Sicherheitsanforderungen erfüllt und die Betriebsführung enorm erleichtert. Von der 2. Ordnung ist im Augenblick eine Prototypserie von 3 Zentralen- und 9 Aussenstellenausrüstungen in Ablieferung, wovon 1 Ausrüstung seit nahezu 2 Jahren störungsfrei in Betrieb steht.

Mit dem Aufbau der Fahrleitungsfernsteuerungen gehen die SBB einen konsequenten Weg zur Erhöhung der Betriebssicherheit der Fahrstromversorgung. Wegen der beschränkten personellen und finanziellen Mittel sind der Geschwindigkeit, mit der solche weitgesteckten Ziele erreicht werden können, allerdings deutliche Grenzen gesetzt.

Literatur

[1] *H. Traudisch:* Fernwirksysteme zur Steuerung des SBB-Fahrleitungsnetzes. Bull. SEV 67(1976)14, S. 700...707.

Adresse des Autors

Dipl. El.-Ing. ETH *Peter Strauss*, Chef der Sektion Fahrleitungen, Kreisdirektion III der SBB, 8021 Zürich.

Jean Landry 1875–1940

Während in der deutschen Schweiz dank privater Initiative schon 1908/09 regionale (d. h. überkantonale) Netzverbindungen entstanden, fehlten solche in der welschen Schweiz bis gegen 1920. Es war das grosse Verdienst Landrys, durch die Gründung der EOS (Energie de l'Ouest-Suisse) diesen Zusammenschluss in umfassender Weise in die Wege zu leiten und zu verwirklichen.

Landry wurde am 3. Oktober 1875 in Meudon bei Les Verrières als 14. Kind eines Wein- und Holzhändlers geboren. Nach dem Besuch des Gymnasiums in Neuenburg durchlief er 1894–1898 das Eidgenössische Polytechnikum in Zürich, wo er u. a. Schüler Wysslings war. René Thury stellte den jungen Maschineningenieur für die Cie de l'Industrie Electrique, der nachmaligen Sécheron, an. Kurz darauf etablierte er sich als beratender Ingenieur in Lausanne. Schon 1902 berief ihn die Ecole d'ingénieur de l'Université de Lausanne (später EPUL) als Professor für industrielle Elektrizität. Er las in der Folge Elektrizitätslehre, Wechselstromtheorie, Theorie und Konstruktion von Gleichstrommaschinen, Generatoren, Transformatoren und Apparaten. Er glänzte nicht nur durch seine Intelligenz, sondern auch durch ein enormes Arbeitsvermögen, klaren und lebhaften Vortrag.

EPFL

1919 wurde Landry zum Direktor der EPUL ernannt; der SEV, den er seit 1912 präsidiert hatte, verlieh ihm die Ehrenmitgliedschaft. Im gleichen Jahr gelang ihm die Gründung der EOS, an der sich die Städte Genf und Lausanne, die Société Romande d'Electricité, die Enterprises Electriques Fribourgeoises, die Electricité Neuchâteloise, die S.A. de l'Usine des Clées, die Soc. des forces électriques de la Goule sowie eine Reihe von Industrieunternehmungen beteiligten. Damit war ihm der Zusammenschluss der Elektrizitätswerke der welschen Schweiz geglückt.

Unter der Führung Landrys erwarb die EOS schrittweise Kraftwerke im Unterwallis. 1927 konnte er von einem privaten Ingenieur die Konzession für das Dixence-Kraftwerk erwerben. Darauf gründete er die «La Dixence S.A.», deren Leitung er unter Beibehaltung seiner übrigen Verpflichtungen übernahm. Nach 6 Jahren Bauzeit konnte das Dixence-Kraftwerk 1935 dem Betrieb übergeben werden. Landry durfte stolz sein auf dieses Werk.

Trotz der gewaltigen Arbeitslast, die ihm durch EPUL, EOS und Dixence abverlangt wurde, stellte Landry sich vielen wichtigen Kommissionen zur Verfügung. Kaum der Sorgen um das Kraftwerk enthoben, übernahm er das Präsidium des Fachgruppenkomitees «Elektrizität» der Schweizerischen Landesausstellung 1939 in Zürich. Mir war es vergönnt, unter seiner Führung für die Projektierung, den Bau und Betrieb des Pavillons «Elektrizität» mitzuarbeiten. Ich lernte Landry als strengen, aber gerechten Chef kennen. Eher in sich gekehrt und nicht leicht zugänglich, freute er sich jedoch aufrichtig über die «Landi» und seinen Elektrizitätspavillon, der viel Lob erhielt.

Kaum ein Jahr nach der denkwürdigen Ausstellung, am 17. Juni 1940, erlag Jean Landry einem Schlaganfall. *H. Wüger*