

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 37 (1946)  
**Heft:** 13

**Artikel:** Die Fahrleitung und die Schwachstromanlagen der Schweizerischen Südostbahn (SOB)  
**Autor:** Wyss, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057336>

### **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:** 18.01.2025

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

## Die Fahrleitung und die Schwachstromanlagen der Schweizerischen Südostbahn (SOB)\*)

Von F. Wyss †, Zürich

621.332.31 + 621.395.73

*Nach einem kurzen Rückblick über die Entwicklung der Frage der Elektrifizierung der Südostbahn — der elektrische Betrieb wurde am 15. Mai 1939 aufgenommen — und nach einer Betrachtung der Speiseverhältnisse wird über die Einzelheiten der Fahrleitungsanlage und der Schwachstromanlagen berichtet, wobei die Beeinflussung der Schwachstrom-Kabelanlage durch die Fahrleitungsströme besonders berücksichtigt ist.*

*Après un bref aperçu des antécédents de l'électrification du chemin de fer sud-est suisse — la traction électrique ayant débuté le 15 mai 1939 — et après quelques considérations au sujet de l'alimentation de la ligne de contact, l'auteur décrit les installations de celle-ci et les installations à courant faible en tenant spécialement compte de l'influence des courants de traction sur les câbles à courant faible.*

### I. Allgemeines

#### Einleitung

Für Bahnen mit grossen Steigungen und Gefällen ist bekanntlich der elektrische Betrieb gegenüber dem Dampf- oder Dieselbetrieb besonders vorteilhaft. Es ist deshalb nicht ohne weiteres verständlich, dass die SOB, welche auf ihren verhältnismässig kurzen Strecken Höhendifferenzen bis zu 525 m zu überwinden hat, in dem nach dem Weltkriege einsetzenden Zuge der Elektrifizierung unserer Bahnen zurückblieb und erst am 15. Mai 1939 die Umstellung auf die elektrische Traktion vornehmen konnte.

selben rief, die Fortschritte im Bau von Motorpersonenwagen es aber gestatteten, gleichzeitig mit den Triebfahrzeugen das Personenwagenmaterial zu erneuern und damit viel günstigere Verhältnisse zu schaffen als mit Lokomotiven, und als der Bau des nahegelegenen Etzelwerkes sehr günstige Bedingungen für die Energielieferung schuf. Die Studien wurden deshalb im Jahre 1933 erneut aufgenommen; es wurde aber gleichzeitig geprüft, ob nicht der Ersatz der alten Dampflokomotiven durch neue oder die Anschaffung von Dieseltriebwagen vorteilhafter wäre. Ferner wurde von einem Automobilfachmann ein Gutachten eingeholt über die Frage, ob bei den an die Bahn

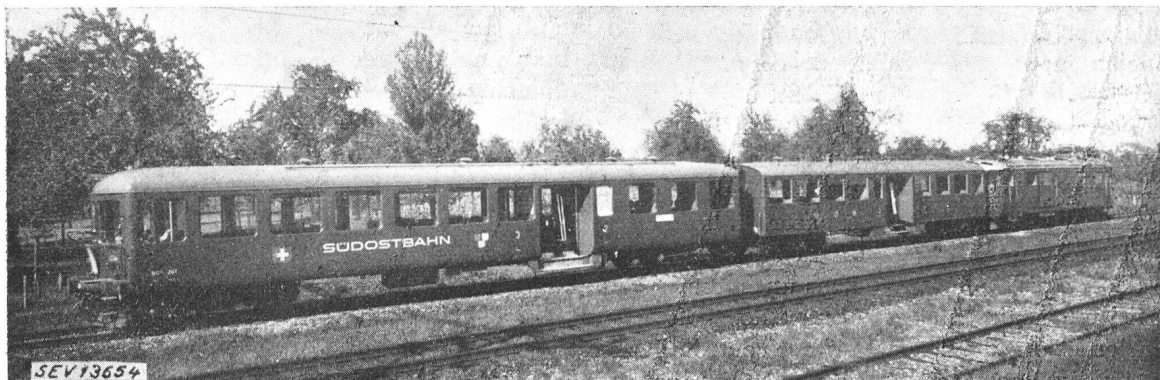


Fig. 1.  
SOB-Pendelzug-Komposition

An Bestrebungen zur Einführung der elektrischen Zugförderung fehlte es freilich auch damals nicht. Im Jahre 1920 lag ein ausführliches Projekt vor. Seine Ausführung scheiterte aber an der Finanzierung. Trotzdem die Bahn schon damals mit veraltetem Material betrieben werden musste, das weder in bezug auf die Betriebsspesen, noch auf den heute verlangten Komfort den Anforderungen entsprach, musste vorläufig auf die Elektrifizierung verzichtet werden. Eine Aenderung trat erst ein, als sich in der Öffentlichkeit das Bedürfnis nach einem Neubau der Seedammstrasse geltend machte und gleichzeitig die nötig gewordene Bekämpfung der Arbeitslosigkeit die Subventionierung volkswirtschaftlich wichtiger Arbeiten nahelegte, als der Zustand der alten Dampflokomotiven kategorisch einem Ersatz der-

gestellten betrieblichen Anforderungen ein Ersatz der Bahn durch Autobetrieb möglich wäre. Abgesehen davon, dass bei diesen Lösungen der volkswirtschaftliche Nachteil der Abhängigkeit von fremden Treibstoffen eine Unterstützung durch den Bund verunmöglicht hätte, gaben die Studien dieser Varianten auch sonst negative Resultate. Somit war in technischer Beziehung die Elektrifizierung der Bahn eindeutig gegeben.

Sie war aber nicht durchführbar ohne vorherige gründliche finanzielle Sanierung, auf die hier nicht eingetreten werden soll, die es aber mit sich brachte, dass mit den Arbeiten erst im Juli 1938 begonnen werden konnte.

In indirektem Zusammenhange mit der Elektrifizierung, bedingt durch die Erhöhung der Geschwindigkeiten, steht eine gleichzeitig durchgeführte gründliche Erneuerung der Geleiseanlage und die Verstärkung der meisten Brücken. So wurden die veralteten Weichen durch Anschweis-

\*) Der Artikel musste infolge der Zensurmassnahmen während 5 Jahren zurückgestellt werden. Der Autor starb am 8. Oktober 1943.

sung der Zungen in Federzungenweichen umgebaut (Fig. 2).

Um das Geleise in bezug auf seine Lage zum Fahrdrabt zu fixieren, wurden für sämtliche Kurven Fixpunkte festgesetzt. Die Brücken wurden so verstärkt, dass sie den Bedingungen für Hauptbahnen entsprechen, was insofern wichtig ist, als die SOB für ihren Spitzenbetrieb im Pilger- und Sportverkehr auf schwere SBB-Lokomotiven angewiesen ist. Bei zwei Brücken mussten Aenderungen zur Schaffung des nötigen Lichtraumprofils für die Fahrleitung vorgenommen werden.

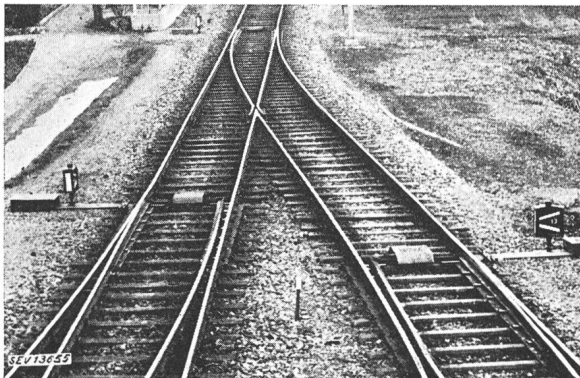


Fig. 2.

Rechts veraltete Zungenweiche, links und hinten umgebaute Federzungenweichen  
Bei den Federzungenweichen sind die Zungen an die anschliessenden Schienen angeschweisst

Auf alle diese wichtigen baulichen Arbeiten soll hier nicht weiter eingegangen werden. Sie beanspruchten wesentlich bedeutendere Mittel, als vorgesehen werden konnte, und belasteten deshalb das Elektrifikationskonto so sehr, dass auf andern Gebieten Einschränkungen nötig wurden. Auch der heute noch im Bau begriffene Seedamm-Neubau, an dem die Bahn finanziell beteiligt ist, soll hier nicht beschrieben werden <sup>1)</sup>.

### Energiebeschaffung

In technischer Hinsicht ist der Bezug der Energie aus dem nahegelegenen Etzelwerk gegeben, weil sie bei der Station Pfäffikon/Schwyz direkt in der Betriebsspannung von 15 000 V geliefert werden kann. Die Bahn erhält von dort die Energie in der gleichen Qualität, die die SBB auf ihren eigenen Netzen verwenden, ohne jede Einschränkung in bezug auf Leistung und Menge. Die Kosten für Transformation und Uebertragung auf grosse Entfernung, die etwa 1,37 Rp./kWh ausmachen, können also normalerweise gespart werden. In finanzieller Beziehung kommt der Bahn im weitern der Umstand zustatten, dass ihr der Kanton Schwyz die benötigte Energie aus der ihm gemäss Art. 16 der Etzelwerk-Konzession zum Selbstkostenpreis abzugebenden Menge zur Verfügung stellt. Die Berechnung des Selbstkostenprei-

ses ist anlässlich der Konzessionierung des Etzelwerkes in einer besondern Vereinbarung zwischen dem Kanton Schwyz und den SBB geregelt worden. Der Preis schwankt je nach Ausnützungsmöglichkeit des Werkes. Der vom Kanton auf dem Selbstkostenpreis erhobene Zuschlag wirkt sich für die Bahn ausgleichend aus, indem er bei schlechter Werkausnützung, also hohem Selbstkostenpreis, niedrig und bei guter Ausnützung höher ist.

Uebertragen und gemessen wird die Energie durch die SBB, welche auch die in den Gemeinschaftsbahnhöfen Rapperswil, Pfäffikon (inkl. Seedammstrecke), Wädenswil und Arth-Goldau von der SOB benötigten Mengen aus der genannten Selbstkostenenergie decken lässt, wobei allerdings die Uebertragungskosten dazu gerechnet werden müssen.

In besondern Fällen ist auch eine ganze oder teilweise Speisung ab Unterwerk Steinen der SBB möglich.

Da besonderer Wert auf die Wiedergewinnung der Energie bei der Talfahrt gelegt wurde, die Bahn selbst aber zu wenig Gelegenheit zur direkten Verwendung der wiedergewonnenen Energie hat, wurde mit den SBB vereinbart, dass sie die rückgewonnene Energie abnimmt. Die verwendeten kWh-Zähler haben deshalb keine Rücklaufhemmung. Um diese Konzession von den SBB zu erhalten, musste dafür gesorgt werden, dass die Rekuperationseinrichtung mit einem guten  $\cos \varphi$  arbeitet, denn die SBB bedingte sich aus, dass diejenige Menge der Blindenergie, welche 75 % der Wirkenergie übersteigt, extra zu bezahlen sei. In der Meßstation in Pfäffikon ist aus obigen Gründen neben den kWh-Zählern auch ein kVarh-Zähler montiert. Das zur Anwendung gelangte System ist in der Schweiz. Bauztg. Bd. 117(1941), Nr. 10, S. 103...109, im Zusammenhang mit den Triebfahrzeugen näher beschrieben. Es sei hier nur kurz erwähnt, dass im Jahre 1940 die Bahn insgesamt 29 364 358 Brutto-tkm leistete, wofür sie 1 781 470 kWh, also 60,7 Wh/tkm brauchte, während im Gutachten noch mit 74,5 Wh/tkm gerechnet worden war. Dabei belief sich der Verbrauch an Blindenergie auf 1 348 900 kVarh = 75,7 % der Wirkenergie.

### II. Fahrleitung

Die Vorberechnungen der Fahrleitungen wurden vom Ingenieurbureau H. Lang in Bern durchgeführt, das sich schon bei der Ausarbeitung des Gutachtens vom Jahre 1920 damit beschäftigt hatte. Sie wurden auch von dem kürzlich verstorbenen Obering. W. Dürler <sup>2)</sup> in seinem Gutachten für das ganze Elektrifizierungsprojekt verwertet. Die Erstellung wurde der bekannten Firma Furter & Frey in Zürich und Bern als Generalunternehmerin übertragen. Für die Materiallieferungen sind, wo immer möglich, die bahnnahen Gegenden berücksichtigt worden. Auch die Montagearbeiten wurden an verschiedene Firmen vergeben.

<sup>2)</sup> gest. am 16. Februar 1940.

<sup>1)</sup> vgl. Frei, E.: Um- und Ausbau der Verkehrswege über den Seedamm zwischen Rapperswil (St. Gallen) und Pfäffikon (Schwyz). Schweiz. Verkehrs- u. Ind.-Rev. Bd. 13(1941), S. 28...30.

Alle Stationsanlagen und die Zwischenstrecken sind durch Schalter miteinander verbunden, um bei Störung einzelne Leitungsstrecken, unter Aufrechterhaltung des Betriebes auf den benachbarten Abschnitten, abschalten zu können. Zu diesem Zwecke ist auch die Leitungsanlage jeder einzelnen Station durch eine Umgehungsleitung überbrückt. Nur in den Haltestellen Hurden, Freienbach und Altmatt sind die Fahrleitungen der freien Strecke durchgeführt und die Umgehungsleitungen fehlen. Während die SOB-Stationen mit Hörnerschaltern ausgerüstet sind, besitzen die von den SBB eingerichteten Gemeinschaftsbahnhöfe Oelschalter.

Die Abtrennung des SOB-Netzes von demjenigen der SBB geschieht vor der Station Arth-Goldau durch eine Phasenschutzstrecke; in Pfäffikon und Wädenswil begnügte man sich mit einfachen Streckentrennern, weil die Speisung von Steinen aus nur selten vorkommt und heute die SBB-Kraftwerke normalerweise parallel geschaltet sind.

Die normale Speisung des ganzen SOB-Netzes, das mit einem profilierten Fahrdrabt von 85 mm<sup>2</sup> Querschnitt ausgerüstet ist, erfolgt von Pfäffikon aus durch einen mittels Trennern mit einer der beiden Sammelschienen verbundenen Oelschalter.

Als ausserordentliche Fahrleistung wurde angenommen, dass sich gleichzeitig ein 654 t schwerer Zug und ein Motorwagenzug von 100 t auf 50 ‰ Steigung befinde. Dieser Fall gibt eine Spitzenleistung von rund 5500 kW bei einer Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h. Der Energielieferungsvertrag sieht indessen keine Einschränkung der Spitzenleistung vor. Dagegen war auf den möglichen Spannungsabfall in der Fahrleitung und auf deren Erwärmung Rücksicht zu nehmen. Die Rechnung ergab, dass, bei Speisung von Pfäffikon aus, diese Fahrleistung immer bewältigt werden kann und die Praxis hat es auch bestätigt. In Ausnahmefällen könnte es aber vorkommen, dass diese beiden Züge weit vom Speisepunkt wegliegen und auf der andern Rampe gleichzeitig Züge aufwärts fahren. Bei solchen besondern Bahnleistungen, die im Pilger- oder Sportverkehr vorkommen können, hätte die Speisung des ganzen Netzes vom exzentrisch gelegenen Speisepunkt Pfäffikon aus zu grossen Spannungsabfall zur Folge gehabt. Eine zur Fahrleitung parallel gezogene Speiseleitung hätte diesen Uebelstand nicht genügend behoben, weil einerseits der Widerstand der Schienenrückleitung unverändert geblieben wäre, andererseits auch noch der induktive Widerstand hindernd gewirkt hätte. Eine getrennte Speiseleitung vom Eitzelwerk bis etwa nach Schindellegi wäre zu teuer geworden. Viel vorteilhafter und auch betrieblich zweckmässiger war die Zuhilfenahme des dem Bahnnetz ebenfalls nahegelegenen Unterwerkes Steinen der SBB als Hilfsenergiequelle.

Eine kurze Speiseleitung von diesem Unterwerk aus ist zur Unterführung unter dem SBB-Bahnkörper und unter verschiedenen Hochspannungs- und Telephonleitungen auf ca. 330 m verkabelt;

dann führt eine ca. 820 m lange, auf Holzmasten montierte 8-mm-Kupferleitung über den zwischen den Stationen Steinerberg und Sattel montierten, stets geschlossenen Hörnerschalter zur Fahrleitung, die im Unterwerk, wo auch der Energieverbrauch messbar ist, bei Bedarf zu- und abgeschaltet werden kann. Die Speiseleitung ist stets unter Spannung; sie kann aber zum Zwecke der Revision durch den genannten Hörnerschalter ausgeschaltet werden. Für die gleichzeitige Speisung in Pfäffikon und in Steinen wird eine normalerweise unter Spannung stehende Phasenschutzstrecke zwischen Biberbrücke und Schindellegi ausgeschaltet, wodurch das Fahrleitungsnetz in zwei Hälften geteilt wird.

Im Notfall kann von Steinen aus auch das ganze Netz gespiesen werden. Die Schutzstrecke bei Biberbrücke ist dann zu schliessen. Da die Energie nur ausnahmsweise von Steinen bezogen wird, spielt die zufolge der Transformierung und Uebertragung nötige Erhöhung des Energiepreises keine Rolle.

Die Gemeinschaftsbahnhöfe werden von den SBB gespiesen. Der Energieverbrauch wird in üblicher Weise auf Grund der Zugzahl und der beförderten Tonnen-Kilometer berechnet. Die Strecke von Pfäffikon bis zum Einfahrtsignal Rapperswil wird der Einfachheit halber als zum Bahnhof Pfäffikon gehörig betrachtet.

Zur Messung des übrigen Energieverbrauches sind in der Meßstation Pfäffikon zwei kWh-Zähler und ein kVarh-Zähler angebracht. Auch das Unterwerk Steinen ist mit einem kWh-Zähler ausgerüstet.

Zur Anzeige von Störungen in der Leitung und deren Auffindung sind in den Gemeinschaftsbahnhöfen je 1 Voltmeter und 1 Kurzschlussklappe eingebaut. Für die SOB-Fahrleitungen sind vorgesehen:

- in Pfäffikon: 1 Voltmeter für die Strecke bis Wollerau, 1 Kurzschlussklappe für alle Leitungen mit Ausnahme der Gemeinschaftsbahnhöfe;
- in Samstagern: 1 Spannungsanzeigelampe für die Sammelschiene, 1 Kurzschlussrelais mit Summer für die Fahrleitungen Samstagern (einschliesslich) bis Schutzstrecke Arth-Goldau einerseits und bis Einsiedeln andererseits;
- in Biberbrücke: 1 Spannungsanzeigelampe für die Sammelschiene, 1 Kurzschlussrelais mit Summer für die Fahrleitung Biberbrücke (ausschliesslich) bis Schutzstrecke Arth-Goldau;
- in Einsiedeln: 1 Voltmeter für die Stationsfahrleitungen.

Die übrigen Stationen haben keine Anzeigevorrichtungen.

Die Fahrleitung ist auf dem ganzen Netze nach dem bekannten System der Kettenaufhängung mit automatischer Nachspannung des Fahrdrabtes und windschiefer Kettenlage in den Kurven ausgeführt und hat sich sowohl im besonders kalten Winter 1940/41, als auch in den heissen Sommermonaten vorzüglich bewährt. Als Stützpunkte dienen feuerverzinkte Breitflanschträger mit Betonfundationen. Die aus zwei U-Eisen bestehenden, gegen den Mast hin nach Patent Furrer & Frey in vertikaler und horizontaler Richtung verspreizten Ausleger und die Querträger mit Gelenkstücken und Zugstangen sind ebenfalls feuerverzinkt. Sie ermög-

lichen eine leichte und doch recht solide Ausführung, die durch Verwendung von Stabisolatoren auch an Gefälligkeit und Zweckmässigkeit kaum übertroffen wird.

Die erwähnten Stabisolatoren (Motorisolatoren) sind, wie alle übrigen Isolatoren, aus der Porzellanfabrik Langenthal bezogen worden. Sie sind 5rillig, haben einen Schaftdurchmesser von 60 mm und eine Mindest-Zugfestigkeit von 4800 kg; sie kann aber 7000 kg und mehr erreichen. Das Gewicht eines kompletten Isolators beträgt 6,5 kg. Die Ueberschlagspannung beträgt beim trockenen Isolator ca. 125 kV, bei 3 mm Regen 100 kV und beim Gleichstrom-Stoss — 210 + 268 kV. Trotzdem die Distanz zwischen den beiden stromführenden Tempergusskappen 250 mm beträgt, hindert der Isolator Kurzschlüsse durch Vögel noch nicht, doch sind solche offenbar seltener als bei der üblichen SBB-Isolierung.

### Stromabnehmer

Wenn der Stromabnehmer auch kein Element der Fahrleitung bildet, so beschreiben wir ihn doch an dieser Stelle, weil er mit dieser zusammenarbeitet. Jeder SOB-Triebwagen wurde mit einem einzigen Scherenstromabnehmer in besonders leichter Bauart Brown Boveri versehen. Das Gewicht eines solchen einschliesslich Isolatoren für 15 kV und Füsse beträgt nur rund 185 kg. Seine Ausbildung ist in Fig. 3 und 4 gezeigt; es wurde namentlich auf die für schnelle Fahrt wichtigen Eigenschaften: geringe bewegliche Massen, grosse Seitensteifigkeit und geringer Luftwiderstand Rücksicht genommen. Ausserdem wurden die allgemeinen Anforderungen an geringe Wartung, seltene Schmierung,

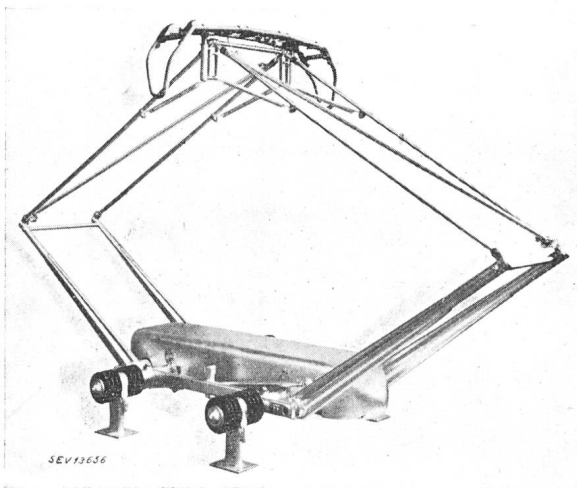


Fig. 3.

Stromabnehmer, Bauart Brown Boveri, in Fahrstellung

leichtes Zusammenstellen und Zerlegen, sowie Einstellmöglichkeit des Kontaktdruckes weitgehend erfüllt. Der möglichst hoch gelagerte drehbare Schleifstückträger ist vertikal und horizontal gefedert, so dass die Schleifstücke der Fahrleitung immer zu folgen vermögen. Die Schleifstücke haben schwalbenschwanzförmige Fortsätze, die im Schleifstückträger mit Hilfe von Flügelmuttern festgeklemmt

werden. Man kann beliebig Aluminium- oder Kohlen Schleifstücke einsetzen. Bei Verwendung von Kupfer setzt man profiliertes Kupfer auf das Aluminiumschleifstück. Die Schleifstücke sind dreiteilig, was erlaubt, das rascher abgenützte Mittelstück später als Aussenstück aufzubrechen.

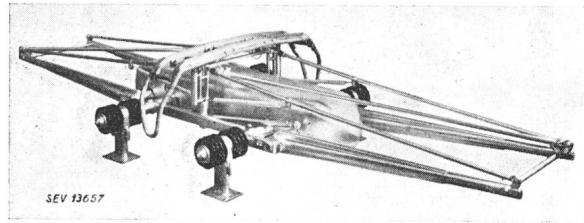


Fig. 4.

Stromabnehmer wie in Fig. 3, jedoch eingezogen  
Die 3teiligen Kohlen Schleifstücke sind sichtbar

Der Stromabnehmer wird elektropneumatisch betätigt. Der erforderliche Luftzylinder mit einem einzigen Kolben und der Rückzugsfeder, und auch die beiden Hebefedern sind unter einer windschnittig gehaltenen Haube vereinigt. Hiedurch, sowie durch ebenfalls windschnittige Ausbildung der unteren Scherenarme wird der Widerstand, den die Luft der Bewegung des Stromabnehmers entgegengesetzt, wesentlich vermindert. Die Haube verhindert gleichzeitig das Festsetzen von Schnee zwischen den Windungen der Hebefedern, der sonst imstande wäre, das Arbeiten des Stromabnehmers zu beeinträchtigen. Alle Gelenke sind mit Kugel- und Nadellagern versehen; dies führt zu einer bemerkenswert geringen innern Reibung, wodurch der Kontaktdruck bei aufwärts bewegtem Schleifstück im Mittel nur um etwa 200 g kleiner als bei Abwärtsbewegung wird.

Anfänglich wurden diese Stromabnehmer mit Aluminiumschleifstücken ausgerüstet und man erzielte damit auch sehr schöne Resultate. So liefen die ersten Schleifstücke auf Wagen, welche die Strecke Wädenswil—Einsiedeln bedienten, weit über 20 000 km. Dagegen zeigen sich bald Schwierigkeiten bei denjenigen Wagen, welche auch die Strecken der Bodensee-Toggenburgbahn (BT) zu bedienen hatten, da dort allgemein mit Kupferschleifstücken gefahren wurde. Der Verschleiss wurde dort durch Korrosion bald so gross, dass man die Aluminiumschleifstücke mit Kupfer garnieren musste. Andererseits trat auch bei der BT eine Verkürzung des Laufes der Kupferschleifstücke ein, seit die SOB-Wagen die Strecke mit Aluminium befuhren. Da man nur über einen Stromabnehmer verfügte, musste man gezwungenermassen bei der SOB ebenfalls auf Kupfer übergehen, doch war dies nur als provisorische Massnahme gedacht. Zur Zeit machen beide Bahnen Versuche mit Kohlen Schleifstücken, die gute Resultate versprechen. Sie wurden im strengsten Winter 1940/41 begonnen; die Rauhreif- und Eisbildung hatte keinen störenden Einfluss. Die Laufzeit war allerdings noch zu kurz, weil nur einzelne Wagen mit Kohle ausgerüstet waren, während die andern weiterhin mit Kupfer fuhren. Deshalb

blieb der Fahrdrat zu rauh; es kam nicht zur nötigen Politur<sup>3)</sup>.

Sobald genügend Schleifstücke angeliefert waren, um alle Wagen damit ausrüsten zu können, wurde der Fahrdrat unter Verwendung von besonders, mit Korund vermengten Kohlen geschliffen. Seither sind normale Kohlschleifstücke im Gebrauch. Obwohl in den Gemeinschaftsbahnhöfen und auf der von den SOB-Wagen ebenfalls befahrenen Strecke Rapperswil-Uznach nicht ausschliesslich mit Kohle gefahren werden kann, scheinen sie sich sehr gut zu halten. Abschliessende Zahlen über die Lebensdauer können leider noch nicht gegeben werden<sup>4)</sup>.

Mit der Einführung der Kohlschleifstücke wurde die Radiostörung geringer. Es ist aber hiezu zu sagen, dass sie auch mit den Metallschleifstücken nie bedeutend war, weil eben der Stromabnehmer einen guten gleichmässigen Andruck hat und sich die Doppelwippe immer gut anpassen kann, wodurch Funken fast ganz vermieden werden.

Nachdem es in den letzten Jahren bei Wechselstrom-Triebwagen und auch bei Lokomotiven von nicht allzu grosser Leistung üblich geworden ist, vom Einbau eines Hauptschalters auf der Oberspannungsseite des Transformators abzusehen und ihn durch eine Sicherung zu ersetzen, beschritt auch die SOB diesen Weg. Die Hebung und Senkung des Stromabnehmers geht trotz des infolgedessen zu unterbrechenden Leerlaufstromes des Transformators gut von statten.

### III. Die Schwachstromanlagen

#### 1. Kabelanlage

Nach Art. 33 der «Verordnung über elektr. Einrichtungen von Bahnen» musste die neben der Bahn verlaufende Schwachstrom-Freileitung abgebrochen und durch ein Erdkabel ersetzt werden.

Bekanntlich bedeutet die elektrische Ausrüstung der Strecke, bestehend aus dem Fahrdrat einerseits und der Schienenanlage mit der Erde als Rückleitung andererseits, ein recht unsymmetrisches Uebertragungssystem, das noch in beträchtlichem Abstand ein nicht unbedeutendes elektromagnetisches Wechselfeld erzeugt. Auf allen Leitern, die in diesem Feld liegen, wird, je nach ihrer Beschaffenheit und Lage, eine mehr oder weniger ausgeprägte Spannung induziert. Dies trifft vor allem zu für die Kabeladern, den Kabelmantel und die Schienen. Es ist festzuhalten, dass nur ein beschränkter Teil des Betriebsstromes der Lokomotiven seinen Rückweg zum Speisepunkt über die Schienenanlage nimmt; zum grössten Teil wird die viel besser leitende Erde als Rückleitung benutzt.

Auf den isolierten Kabeladern bleibt die vom Fahrdrat induzierte Spannung erhalten; sie möge als ursprüngliche Induktionsspannung bezeichnet werden. Spannungen, die im Kabelmantel und den

Schienen induziert werden, können sich durch die mehr oder weniger ausgeprägten Erdungen (der Kabelmantel wird z. B. aus diesem Grunde zum mindesten an den Endverschlüssen geerdet) in der Form eines Kabelmantelstromes oder Schienenstromes ausgleichen. Diese Ströme, bzw. die durch sie bedingten elektromagnetischen Wechselfelder, erzeugen auf den Kabeladern zusätzliche Induktionsspannungen, die in ihrer Phase, entsprechend dem Induktionsgesetz und den jeweiligen Impedanzen von Kabelmantel und Schienenanlage, gegenüber der ursprünglichen Spannung nach rückwärts verschoben erscheinen. Die auf einer isolierten Kabelader gemessene Induktionsspannung ist also grundsätzlich die vektorielle Summe der Einflüsse von Fahrdrat-, Schienen- und Kabelmantelstrom. Diese addieren sich so, dass die resultierende Spannung kleiner ausfällt als die ursprüngliche allein, d. h. Schiene und Kabelmantel wirken herabmindernd auf die Aderspannung. Es lässt sich zeigen, dass diese Erscheinung um so ausgeprägter auftritt, je kleiner die Impedanz pro Längeneinheit der Kabelbewehrung und der Schienenanlage ist, d. h. je besser die in diesen Metallteilen auftretenden Induktionsströme sich entwickeln können. Der günstige Einfluss der Schienenanlage kann also erhöht werden durch die Schienenverbinder, derjenige des Kabelmantels durch Erhöhen seiner Induktivität und damit der negativen Phasenverschiebung zwischen Mantelstrom und Spannung. In dieser Tatsache begründet ist die Verwendung von hochpermeablen Blechen für die Bewehrung des Kabels. Aus diesen kurzen Ausführungen lässt sich der gewaltige Vorteil erkennen, den die Verkabelung der Fernmeldeleitungen mit sich bringt, überall da, wo diese den Einflüssen benachbarter Starkstromanlagen ausgesetzt sind.

Das SOB-Kabel ist für eine Durchschlagsspannung von 2000 V gebaut. Die zulässige induzierte Höchstspannung würde 1200 V betragen. Im Pflichtenheft der SOB wurde aber nur eine Höchstspannung von 1000 V (Effektivwert) bei 1200 A Fahrdratstrom zugelassen.

Das Kabel, welches dieser Bedingung entspricht, und bei Siemens & Halske in Berlin bestellt wurde, ist mit einer Armatur aus Spezialeisen versehen, und der Bleimantel ist zur Herabsetzung der interkristallinen Korrosion mit 3% Zinn legiert.

Während früher für die veraltete Technik des Wahlenrufes mit parallelgeschalteten Telephonapparaten über lange Strecken normalisierte Kabel mit durchweg gleichförmigem Aufbau verlegt wurden, ist das SOB-Kabel der modernen SBB-Telephonanlage nach dem Gruppenstellenprinzip, an welche diese angeschlossen ist, angepasst. Der Kabelaufbau ist daher der Lage der Gruppenstellen und der aussen liegenden Teilnehmer entsprechend abgestuft und besteht aus 6...11 stern- und paarverseilten Aderpaaren für folgende Zwecke:

1. Pupinisierte Leitungen mit 1,2 mm Aderdurchmesser als Verbindungsleitungen zwischen den automatischen Fernsprechzentralen der SBB in Rapperswil, Wädenswil und Goldau.

<sup>3)</sup> Trechsel, E.: Die Störung des Radio-Empfanges durch elektrische Bahnen und ihre Bekämpfung. Bull. SEV Bd. 29 (1938), Nr. 8, S. 166...171.

<sup>4)</sup> s. S. 360.

2. Pupinisierte Leitungen mit 0,8 mm Aderdurchmesser als Verbindungsleitungen zwischen der SBB-Zentrale Wädenswil und den SOB-Gruppenstellen in Samstagnern und Biberbrücke.

3. Unbelastete Leitungen mit 1,0 mm Kupferdurchmesser zum Betrieb der Telegraphen- und Strecken-Fernsprecher.

4. Unbelastete Leitungen mit 0,8 mm Kupferdurchmesser für die Verbindung der Gruppenstellen mit den aussen liegenden Teilnehmern, für das Lätwerk und streckenweise als Reserveleitungen.

Das Kabel ist in einem mittleren Abstand von 2,20 m von der Gleisaxe in ca. 60 cm Tiefe auf eine Sandschicht verlegt und mit haubenförmigen Zementschutzsteinen abgedeckt. Auf Brücken, in Tunnels, Felspartien und Strassen ist es mit Zoresisen geschützt.

Die Grabarbeiten wurden von Unternehmern mit ortsansässigem Personal ausgeführt.

An Material ist im wesentlichen verbraucht worden:

Kabel	46 363 m
Endverschlüsse mit Oelisation	52 Stück
Pupinspulenkasten	21 Stück
Feinsand	360 m <sup>3</sup>
Kabeldecksteine	38 700 m
Zoresisen	38 044 kg
Zoresbriden	4250 Paar

Die Kosten der Kabelanlage betragen:

Gesamtkosten (ohne bahneigene Leistung)	370 503 Fr.
Gesamtkosten pro Gleiskm	8 200 „
Kabel, Pupinausrüstung, Ausgleich und Montage pro Gleiskm	3 175 „
Kabelgraben pro Gleiskm	2 250 „

Im Pflichtenheft wurden folgende Garantiewerte festgelegt:

1. Elektrische Eigenschaften der Kabel für 1000 m Schleife bei 20° C.

Tabelle I

	Leiterstärke		
	0,8 mm	1,0 mm	1,2 mm
Gleichstromwiderstand max. Ω	73,2	46,8	32,5
Betriebskapazität der Paare (Sollwert) nF	34	35	35
Zulässige Abweichung der Einzelwerte vom Sollwert %	± 12	± 12	± 12
Ableitung bei 800 Hz μS	0,9	0,9	0,9
Isolationswiderstand min. MΩ	10 000	10 000	10 000
Durchschlagsfestigkeit bei 50 Hz Ader/Ader während 2 min V	500		
Ader/Blei während 2 min V	2000		

2. Elektrische Eigenschaften der Pupinspulen bei 20° C.

	Leiterstärke	
	0,8 mm und 1,2 mm	
Induktivität	200 mH ± 1,5 %	
Widerstand bei 800 Hz max.	13 Ω	
Induktivitäts-Unsymmetrie der Wicklungshälften max.	0,1 %	
Gleichstromwiderstands-Unsymmetrie der Wicklungshälften max.	0,1 Ω	
Isolationswiderstand der Wicklungen gegeneinander und gegen den Kasten min.	25 000 MΩ	
Durchschlagsfestigkeit der Wicklungen gegeneinander min.	500 V, 50 Hz, 2 min	
Durchschlagsfestigkeit der Wicklungen gegen den Kasten min.	2500 V, 50 Hz, 2 min	

Uebersprechdämpfung beliebiger Spulen gegeneinander bei 800 und 1600 Hz min.	Leiterstärke 0,8 mm und 1,2 mm
Die Erdkapazitätsdifferenzen dürfen nicht grösser sein als	10 Neper
Stabilität: Die Induktivität der Spulen darf sich 5 min nach der Magnetisierung durch einen Gleichstrom von 0...1 A in einer Aderwicklung, bezogen auf die vor der Magnetisierung festgestellte Induktivität, höchstens ändern um	100 pF
	1 %

3. Elektrische Eigenschaften der fertigen Anlage bei einem Spulenabstand von 2 km.

	Leiterstärke	
	0,8 mm und 1,2 mm	
Isolationswiderstand, min.	10 000 MΩ	
Wellenwiderstand ca.	1700 Ω	1700 Ω
Grenzfrequenz ca.	2700 Hz	2700 Hz
km-Dämpfung der belasteten Kreise bei 800 Hz max.	26	13 mNeper
km-Dämpfung der unbelasteten Kreise bei 800 Hz max. für 0,8 mm Leiter	85 mNeper	
für 1,0 mm Leiter	66 mNeper	
für 1,2 mm Leiter	54 mNeper	
Uebersprechdämpfung der ausgeglichenen Sprechkreise min.	8,5 Neper	

Bei der Abnahme sind die Werte nach Tabelle II gemessen worden:

Tabelle II

	Gemessener Wert	Vertragswert
Isolationswiderstand pro km MΩ	{ min. 90 000 }	10 000
Gleichstromwiderstand ohne Spulen pro km für 0,8 mm Ω	66,1	73,2
1,0 mm Ω	41,7	46,8
1,2 mm Ω	29,15	32,5
km-Dämpfung d. belasteten Kreise bei 800 Hz für 0,8 mm mNeper	21,3	26,0
1,2 mm mNeper	10,8	13,0
Nebensprechen min. Neper	10,2	8,5
Gegennebensprechen min. Neper	0,1	8,5

Für das Kabel mit einer Armatur aus Spezialisen sind folgende durch Kurzschluss auf der Fahrleitung in den Kabeladern induzierten Spannungen vorausgerechnet worden:

Speisung der Fahrleitung

vom Etzelwerk:	vom UW Steinen:
Pfäffikon-Wädenswil 630 V	Goldau-Biberbrücke 740 V
» -Einsiedeln 740 V	» -Einsiedeln 825 V
» -Goldau 935 V	» -Wädenswil 895 V
	» -Pfäffikon 935 V

An der betriebsfertigen Anlage der Strecke Pfäffikon—Goldau wurden von Prof. Dr. Forrer † als Experten umfangreiche Messungen über die Beeinflussung des Kabels durch normale Betriebs- und Kurzschlußströme auf der Fahrleitung durchgeführt, worüber die Zahlenwerte in Tab. III Aufschluss geben.

Aus diesen Werten ist ersichtlich, dass die in dem neben dem Geleise auf der Erde aufgelegten Messdraht induzierte Längsspannung in V/100 Akm mit grösser werdendem Strom etwas zunimmt, da die Kompensationswirkung des Geleises mit wachsendem Strom abnimmt. Dagegen fällt die in den Kabeladern induzierte Spannung in V/100 Akm

## Messresultate.

(aus den Scheitelwerten ermittelte Ströme und Spannungen)

Tabelle III

	Fahrdraktstrom		Schienenstrom % von I	Im ausgelegten Draht induzierte Spannung (Scheitelwert)		Im Kabel induzierte Spannung (Effektivwert)		Schutzfaktor <sup>2)</sup>
	Scheitelwert i in A	Effektivwert I in A		V	V/100 Akm <sup>1)</sup>	V	V/100 Akm <sup>1)</sup>	
	<i>A. Dauerströme.</i>							
	33,2	22,5	50	0,69	4,62	33,2	4,22	0,90
	172	121,5	50	3,76	4,85	147	3,62	0,75
	215	152	49,5	4,74	4,88	184	3,62	0,74
	297	210	48,5	6,72	5,00	241	3,44	0,68
	450	318	47,5	10,4	5,11	327	3,08	0,60
	605	428	45	14,6	5,34	388	2,70	0,51
	1035	732	41,5	27,1	5,82	550	2,24	0,39
<i>B. Kurzschlußströme.</i>								
1. Per.	1535	1085	38	—	—	752	2,07	—
5. Per.	1213	858	42	—	—	638	2,23	—
1. Per.	1610	1135	—	54,6	5,32	760	1,99	0,37
5. Per.	1245	880	—	35,1	6,24	652	2,21	0,35

<sup>1)</sup> Akm = Aderkilometer.<sup>2)</sup> Schutzfaktor = Induktionsspannung einer Kabelader, dividiert durch die Induktionsspannung, die bei der Ader auftreten würde, wenn weder Bleimantel noch Armierung vorhanden wäre.

wegen der immer besser werdenden Schutzwirkung des Kabelmantels mit grösser werdendem Strom stark ab und beträgt bei 1100 A Effektivwert des Kurzschlußstroms etwa 755 V. Bei 1200 A Kurzschlußstrom müsste man also mit etwa 800.. 850 V induzierter Spannung rechnen. Der im Pflichtenheft festgelegte Höchstwert von 1000 V bei 1200 A wird somit wesentlich unterschritten.

Auch der Strom in den Schienen wird mit grösser werdendem Strom in der Fahrleitung kleiner, da infolge der Stromverdrängung der innere Scheinwiderstand der Schienen wächst.

Bei den Kurzschlussversuchen wurde ein Stosskurzschlußstrom von 1610 A erreicht, der im Kabel eine Spitzenspannung von nur 1072 V induzierte. Die im ausgelegten Messdraht von 452 m Länge induzierte Spannung betrug dabei 54,6 V, und die in einem über die ganze Strecke ausgelegten ungeschützten Leiter induzierte Spitzenspannung würde demnach etwa 4000 V betragen.

Das Verhalten des Kabels bei normalem Betrieb wurde durch Registrierung der auf der Strecke Pfäffikon—Arth-Goldau induzierten Längsspannung untersucht. Im Durchschnitt hielt sich diese Spannung bei einem Fahrdraktstrom von etwa 50 A unter 30 V. Das Maximum trat am Morgen auf, als mehrere Züge gleichzeitig Steilrampen befuhren. Der Speisestrom überschritt dabei für längere Zeit den Messbereich von 180 A, während die induzierte Spannung bis auf eine Spitze von 140 V unter 106 V blieb.

Zur Bestimmung der Störwirkung der Fahrleitung, die fast ausschliesslich durch den Oberwellengehalt der Fahrdraktspannung und der Fahrströme bestimmt wird, wurde mit dem Geräuschspannungsmesser der Fernsprechanlage der Störspannung über einige Zeit gemessen. Der Formfaktor wird in % der Grundwellenspannung angegeben, und 1 % Formfaktor bedeutet, dass die

Grundwelle mit allen ihren Oberwellen ebenso stört, wie eine 800 Hz-Spannung, deren Amplitude 1 % der Grundwellenamplitude beträgt. Der auf der Strecke Pfäffikon—Arth-Goldau gemessene Fernsprechanlagenformfaktor der Fahrdraktspannung schwankt zwischen 0,7 und 2,5 %. Im Mittel beträgt er etwa 1,5 %. Bei Zugsanfahrten ist er ganz kurzzeitig bis etwas über 3 % angestiegen. Trotzdem an andern 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub>-Hz-Bahnen schon niedrigere Formfaktoren gemessen wurden, dürfen diese Werte als sehr gut bezeichnet werden.

Schliesslich wurde noch versucht, an pupinisierten Leitungen mit einem Wellenwiderstand von 1600 Ohm die Geräuschspannung während des Normalbetriebes zu messen. Im Mittel lag die Geräusch-EMK der Leitung bei etwa 0,11 mV. Der Höchstwert betrug 0,18 mV und das Minimum 0,06 mV. Die Geräusche liegen alle weit unter dem zulässigen Wert und sind durch Abhören überhaupt nicht feststellbar.

Geräuschspannungsmessungen an den unpupinisierten Bezirks-Fernsprechanlagen ergaben folgende Werte:

Strecke Wädenswil-Samstagern	. . . . .	0,03 bis 0,10 mV,
» » -Biberbrücke	. . . . .	0,05 bis 0,13 mV,
» » -Goldau	. . . . .	0,05 bis 0,16 mV.

Diese Messungen sind zwar wegen des fehlenden Z-Abschlusses am fernen Ende nicht einwandfrei. Doch zeigen sie gleichwohl, dass die Leitungen des Bahnkabels sehr geräuscharm sind und eine gute Verständigung ermöglichen.

## 2. Fernsprechanlage

Die Fernsprechanlage der SOB wurde in enger Anlehnung an das bestehende automatische Netz der SBB gebaut, so dass sie als Teil desselben betrachtet werden darf.



Hauptzentrale der SOB-Anlage ist Wädenswil, von wo aus direkte pupinisierte Leitungen nach der SBB-Zentrale Goldau und über Pfäffikon und das Seekabel nach Rapperswil bestehen. Ferner sind von Wädenswil direkte Leitungen nach den Gruppenstellen Samstagen und Biberbrücke vorhanden. An die Gruppenstelle Samstagen sind die Stationen Wollerau, Samstagen und Schindellegi, sowie die Werkstätte in Samstagen, und an die Gruppenstelle Biberbrücke die Stationen Biberbrücke, Einsiedeln und Rothenthurm angeschlossen. Dadurch entsteht ein sternförmiger Aufbau der Bahntelephonanlage, welcher der früher angewandten Parallelschaltung mit Wahlanruf in jeder Beziehung überlegen ist.

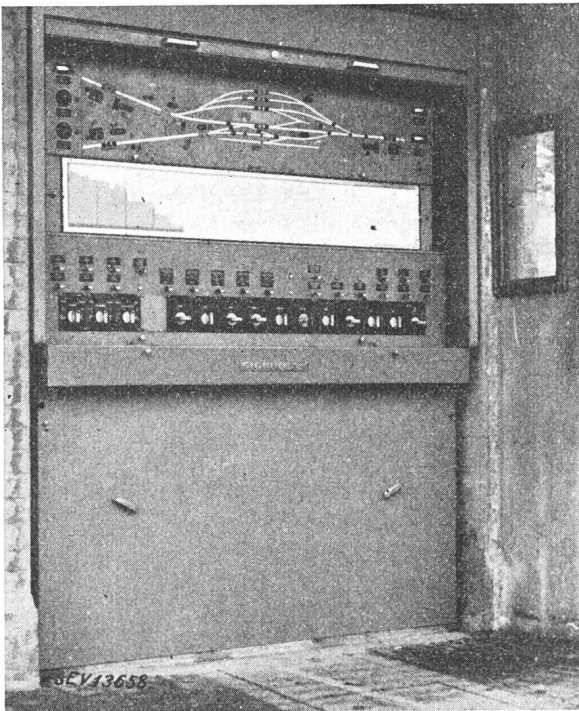


Fig. 5.  
Stellwerkanlage in Biberbrücke

Die Stationen Sattel und Steinerberg sind als direkte Teilnehmer an die Zentrale Goldau, und Burghalden ist direkt an Wädenswil angeschlossen.

Gruppenstellen sind kleine Relaiszentralen für 10 Teilnehmeranschlüsse und eine Verbindungsleitung. Sie sind zur gleichzeitigen Führung eines internen und eines externen Gespräches eingerichtet. Die an Gruppenstellen angeschlossenen Telephonapparate werden mit einer Signaltaste aus-

gerüstet, bei deren Bedienung die Station automatisch mit der Hauptzentrale Wädenswil verbunden wird. Sämtliche Sprechstellen sind einfache, normal gebräuchliche Apparate mit Wählscheibe und Mikrotelefon, welche die grösste Sicherheit in der Wahlübertragung gewährleisten und den Unterhalt bedeutend vereinfachen und verbilligen. Die jeder Wahlanrufstation zugeordneten Sendee- und Empfangseinrichtung und Ortsbatterie fallen weg.

Der Unterhalt der automatischen Telephonanlage wird durch die SBB besorgt.

Die Bezirksleitungen Wädenswil—Einsiedeln und Rapperswil—Biberbrücke—Goldau wurden auf unpupinisierte Adern von 1,0 mm Durchmesser geschaltet. Die 1000-Ohm-Wecker der bestehenden Apparate wurden umgewickelt und die Induktoren verstärkt.

Weiter ist noch ein pupinisierte Sternvierer mit 1,2-mm-Adern zwischen Pfäffikon und Goldau zu erwähnen, der für den Anschluss des Einzelwerkes an die SBB-Kraftwerkleitung Amsteg—Rathausen in Goldau dient.

### 3. Telegraph

Die bisher bestehende gemeinsame Rückleitung für Telegraph und Streckenläutwerk wurde aufgehoben. Der Telegraph wird nun doppeldrätig auf einem 1,0-mm-Aderpaar betrieben. Dadurch mussten einige Kettenwechsel und sämtliche einfachen Taster entsprechend den SBB-Vorschriften gegen Doppeltaster ausgewechselt werden.

### 4. Streckenläutwerk

Die Rasselwerke und Induktoren wurden revidiert und die Anlage wurde auf ein 0,8-mm-Aderpaar geschaltet.

Nach den ausführlichen und genauen Messungen konnte Prof. Forrer† abschliessend feststellen, dass die Fernsprechkabelanlage «im Zeitpunkt der Inbetriebnahme allen vom diesbezüglichen Pflichtenheft geforderten Bedingungen entspricht. Die übertragungstechnischen Eigenschaften der Anlage können allen Anforderungen gerecht werden, die ihrer Bestimmung entsprechend in Frage kommen. Die Beeinflussung durch den elektrischen Betrieb der Bahnanlage ist derart, dass irgendwelche Störungen der Sprechverständigung durch Geräusche, oder die Gefährdung der Schwachstromanlagen durch Induktionsspannungen überhaupt nicht zu erwarten sind. Die Fernsprechkabelanlage ist in jeder Beziehung geratet.»