# Die West-Ost-Transversale des schweizerischen Fernkabelnetzes

Autor(en): **Trechsel, W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri**

Band (Jahr): **3 (1925)**

Heft 5

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-873912

**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**

# Die West-Ost-Transversale des schweizerischen Fernkabelnetzes.

Von W. Trechsel, Bern.

Bis heute war wohl kein Ereignis in der Geschichte des Telephonwesens der Schweiz von so einschneidender Bedeutung, wie die fast vollständige Verkabelung des interurbanen Leitungsnetzes, die sich unter dem starken Drucke der beschleunigten Elektrifikation der Schweiz. Bundesbahnen wohl oder übel innert weniger Jahre vollziehen muss. Sie beeinflusst in vorteilhaftester Weise den gesamten interurbanen Betrieb, nimmt aber auch die Staatsfinanzen aussergewöhnlich stark in Anspruch. Es ist daher wohl am Platz, diesem Werke, das auf lange Jahre hinaus das Hauptinstrument des schweizerischen Telegraphen- und Telephonbetriebes bilden wird, im Momente seiner Entstehung einige Spalten zu widmen.

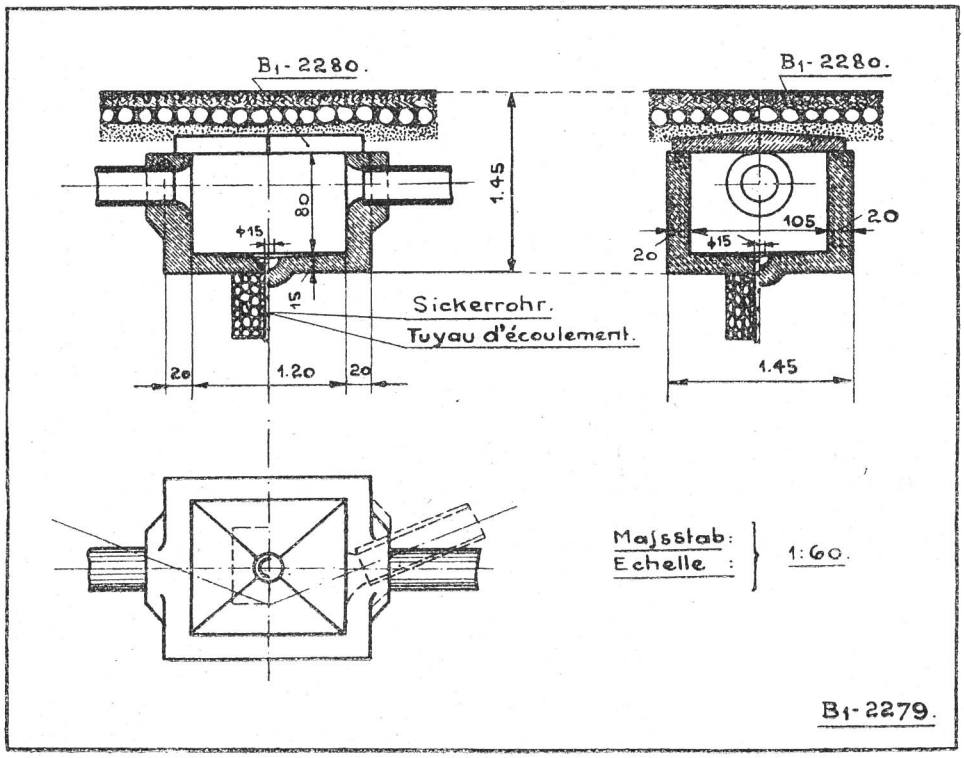



Fig. 2. Zwischen- und Kehrschacht mit Plattenabdeckung.

Die Basis dieses unterirdischen Leitungsnetzes ist die grosse West-Ost-Transversale Genf—St. Gallen. An diesen Hauptverkehrsstrang schliesst sich eine Anzahl kürzerer und längerer Seitenlinien an, von denen als wichtigste zu nennen sind: die von Lausanne ausgehende Kabellinie nach dem *Wallis*, die Linie *Olten—Basel* mit den internationalen Anschlüssen nach Deutschland und Frankreich, und die in Zürich abzweigenden Linien nach *Chur*, *Gotthard—Tessin* und *Luzern*, wobei die Linie Olten—Zürich—Gotthard—Tessin mit den internationalen Anschlüssen Deutschland—Italien berufen ist, die zweite grosse Hauptlinie, die Nord-Süd-Transversale, zu bilden. Als weitere Nebenlinien fügen sich in dieses Hauptnetz ein: die Abzweigungen nach Neuchâtel, Solothurn, Rapperswil, Bülach, Uster, Weinfelden—Romanshorn, Herisau und Rorschach. Während die Kabel der meisten Nebenlinien in Zoreseisen verlegt werden können, verlangte die Wichtigkeit der Hauptstränge, ihre Lage in bezug auf das interurbane Netz, sowie auch die Rücksicht auf die Strassen, den Bau eines Rohrkanales, der jederzeit ohne Neuaufbruch den Nachzug weiterer Kabel gestattet. Die Technik der Ferntelephonkabel ist noch jung, und alle Anzeichen deuten darauf hin, dass die Entwicklung der nächsten Jahre oder doch Jahrzehnte Fortschritte bringen wird, denen die Türe so weit als möglich offen gelassen werden musste. Der Rohrkanal besteht in der Hauptsache aus zwei Meter langen nicht armierten und 3,5 m langen eisen-armierten Betonröhren von 250 mm Lichtweite und 40 mm Wandstärke. An einzelnen Stellen, wo eine grössere Dichte des Verkehrs zu erwarten ist, beträgt die Lichtweite 300 mm. Diese Betonrohre sind durch ein Imprägnierungsmittel wasserdicht gemacht. In besonders wasserreichen Gegenden und bei den Kreuzungen mit Hochspannungsbahnen wurden Gusseisenrohre verwendet.

Für den Schachtbau wurden einheitliche Normaltypen geschaffen, die sich gut bewährt haben, nämlich die Kehrschächte an den Eckpunkten der Leitung nach Zeichnung $B_1$-2279 und $B_1$-3373, die Spleißschächte $B_1$-2281 und die Pupinschächte nach $B_1$-2284 und $B_1$-3369 mit den aus drei wechselbaren Platten bestehenden Oeffnungen, die das Einsetzen der Pupinkasten ohne grosse Aufbruchfläche auf der Strasse gestatten. Die Schächte, und wo nötig auch die Rohrleitung, sind durch Drainageanlagen, Sickerungen und Entwässerungsleitungen so gut als möglich trocken gelegt. Alle Spleiss- und Pupinschächte, sowie auch ein Teil der Kehrschächte, sind mit Einstiegöffnungen versehen, die durch gusseiserne Rahmen und Deckel verschlossen werden. Besondere Einrichtungen dienen dazu, das Wasser nicht durch die Fugen dieser Verschlüsse in die Schächte eindringen zu lassen. In allen Spleißschächten sind Muffengestelle nach Zeichnung $B_1$-3272 montiert.

Diese Rohranlage, die in der Hauptsache in den Jahren 1921—1923 als Notstandsarbeit ausgeführt wurde, hat sich beim Einzug der Kabel in allen Teilen sehr gut bewährt, was aus der Tatsache her-

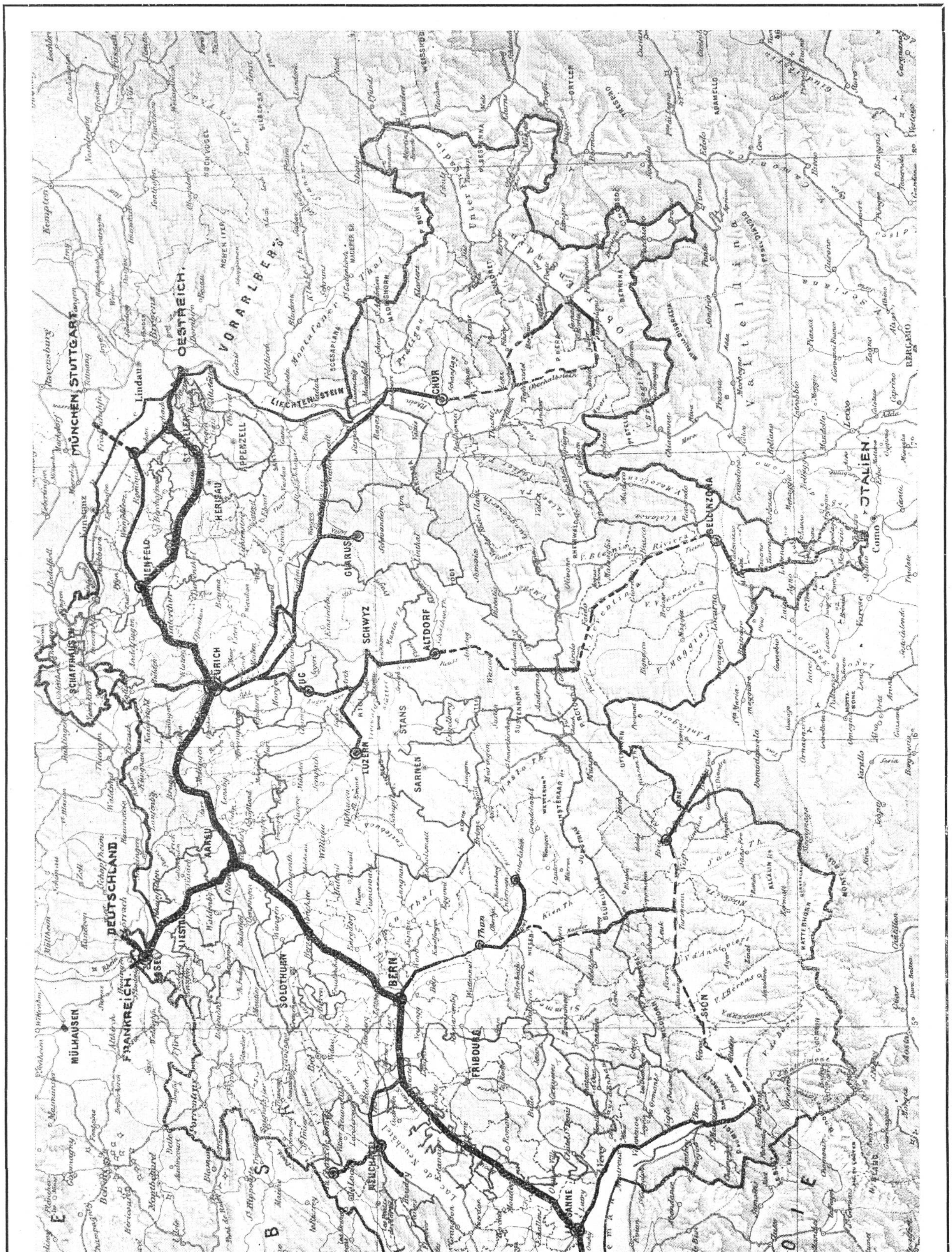


Fig. 1. Schweizerisches Fernkabelnetz.

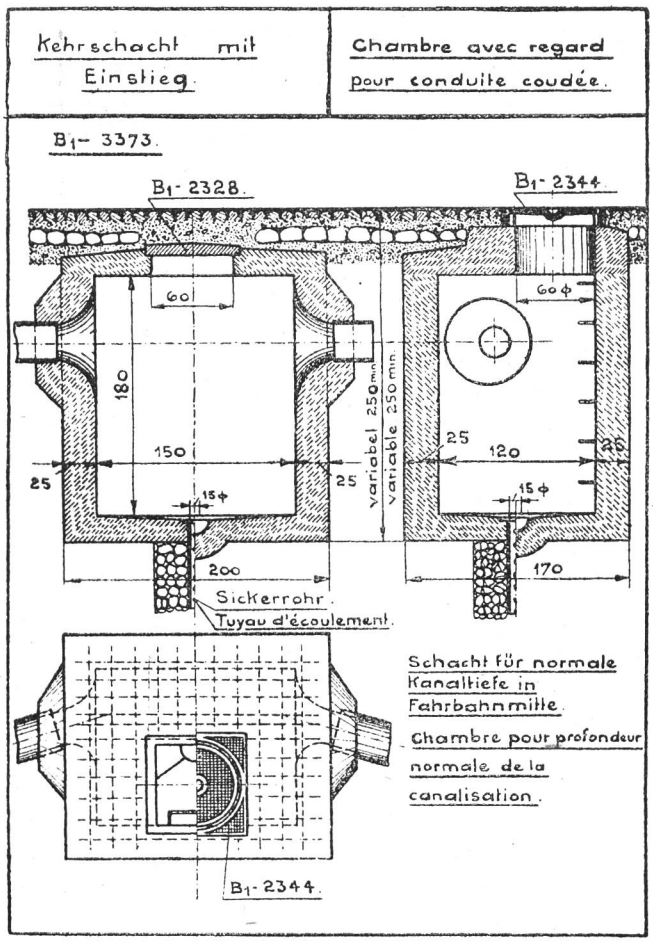



Fig. 3.

vorgeht, dass bei guter Organisation der Arbeit 7 bis 10 Längen, somit fast 2 km Kabel per Tag eingezogen werden konnten.

Für alle Kabelstrecken wurden folgende Pläne hergestellt:

1. Tracépläne im Maßstab 1 : 25,000, die über den Verlauf des Kabeltracés und die Lage der Pupinpunkte orientieren;
2. Baupläne im Maßstab 1 : 1000 oder 1 : 500 (letzterer Maßstab für Dörfer und Städte), die alle Angaben zur Bestimmung der Längen und der genauen Lage der Kabel enthalten;
3. schematische Spleisspläne, in welchen alle Kabel einer Strecke mit den Muffen, Pupinpunkten, Trennstellen, Abzweigungen und Endverschlüssen eingetragen sind.

Im Terrain sind die Schächte, Muffen und Pupinpunkte durch numerierte Merksteine kenntlich gemacht.

Ueber die Konstruktion der Fernkabel hatten vorangegangene Kabellegungen im Ausland und in der Schweiz schon vor der Projektierung dieser Anlage in den wesentlichsten Punkten Abklärung gebracht. Nach dem Stand der Kabeltechnik konnte nur das viererverseilte Pupinkabel mit 2 in ihrer Reichweite sich annähernd wie 1 : 2 verhaltenden Aderdurchmessern bei einer mittelstarken induktiven Belastung in Frage kommen. Dabei führte die Eigentümlichkeit des schweizerischen Fernsprechnetzes, das eine grosse Verkehrsdichte bei einer grossen Zahl kleiner Zentralen und gedrängte Distanzen aufweist, zur Wahl eines Kabels mit relativ grosser Reichweite (kleiner Dämpfung). Die Ausgabe für höheres Kupfergewicht lohnt sich bei einem derartigen Netz, da dadurch die Zahl der Verstärker vermindert wird. Das schweizerische Normalkabel enthält Adern von 1,0 und 1,5 mm Durchmesser, die auf 1830 m Distanz mit Spulen von 0,177 Henry in den Stammleitungen und 0,107 Henry in den Viererleitungen pupinisiert sind. Es sei hier speziell erwähnt, dass diese Normalien für die Pupinisierung dem seither von der internationalen Konferenz in Paris angenommenen Standard für das europäische Fernsprechnetz ziemlich genau entsprechen.

Auch die Aderzahlen dieser Kabel und deren innerer Aufbau mussten normalisiert werden, d. h. es musste eine möglichst kleine, jedoch genügende Zahl von passenden Kabeltypen verschiedener Aderzahl geschaffen werden, mit der sich alle Bedürfnisse des Netzes decken liessen. Im Einverständnis mit den Fabriken, deren Erfahrung in der Verseiltechnik berücksichtigt

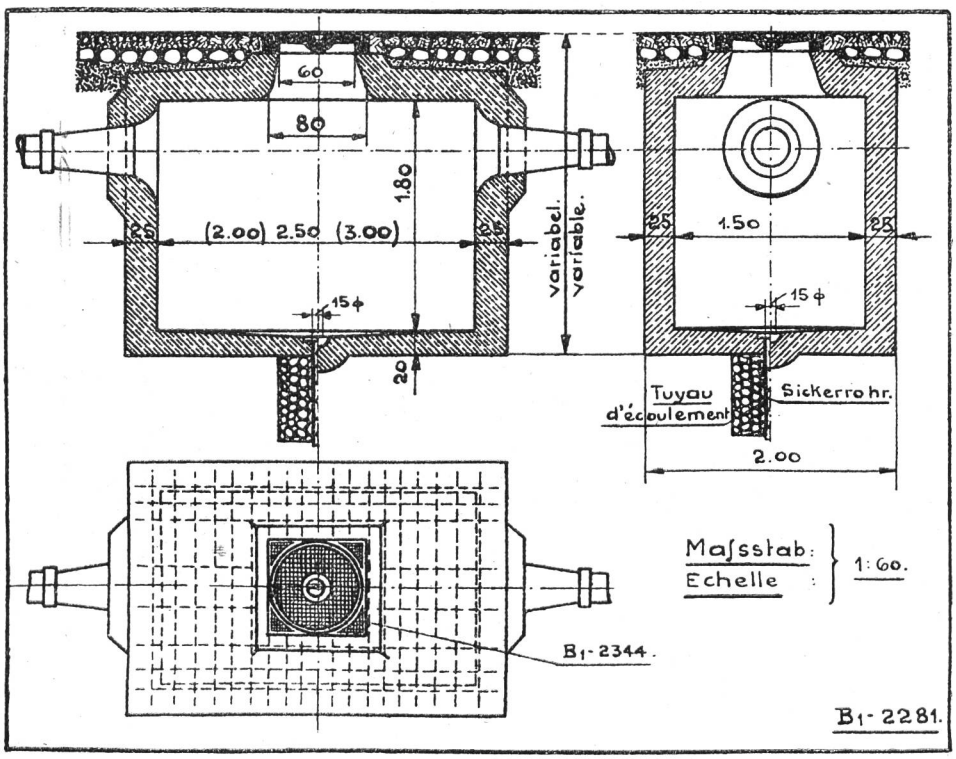



Fig. 4. Spleißschacht für Ortsnetze und Fernkabelanlagen.

werden musste, wurden die aus nachstehender Tabelle ersichtlichen Normalkabel gewählt. Es wurde dabei Wert darauf gelegt, die Adern gleichen Durchmessers in der gleichen Lage zu vereinigen, das Verhältnis zwischen der Zahl der dünnen und der dicken Adern ungefähr auf 1 : 3 zu halten, und als Zahl der Aderpaare womöglich eine Zehnerzahl zu wählen, weil Endverschlüsse und Ueberführungskabel, sowie die Einrichtungen der Verteiler der Zentralen diese Zehnerteilung ebenfalls aufweisen.

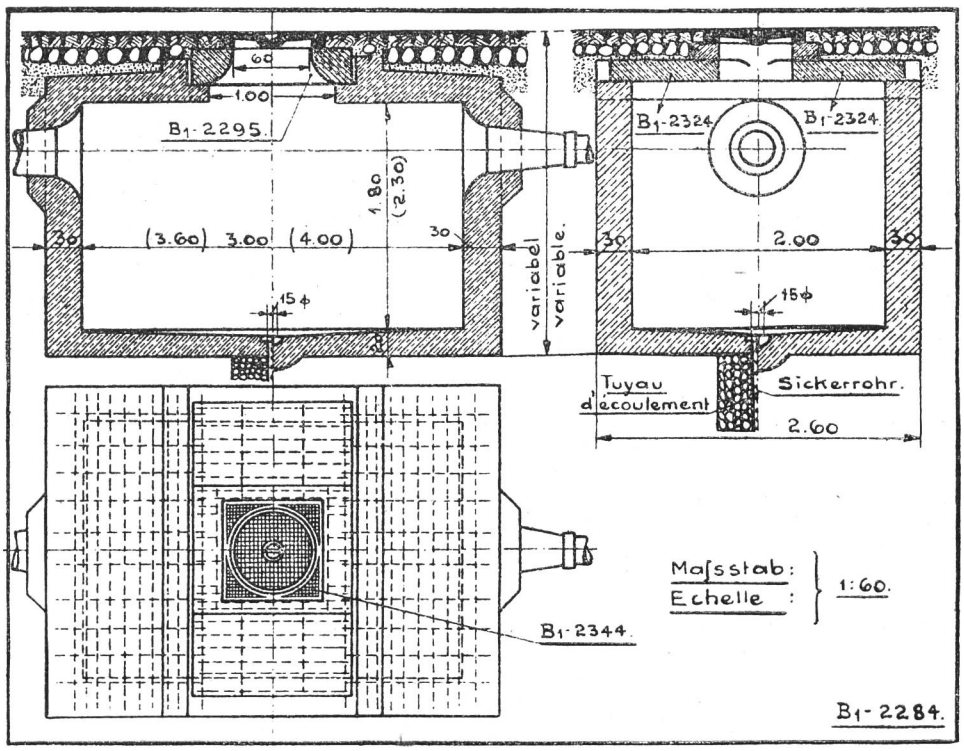



Fig. 5. Pupinschacht.

Das Pflichtenheft für die Fernkabel enthält in der Hauptsache folgende Bedingungen:

Die Kabeladern sind aus Elektrolytkupfer mit einem spez. Widerstand von höchstens 0,0175 bei 15° C herzustellen. Der Draht soll vollkommen zylindrisch sein und eine Dehnung von 25 % seiner Länge, bezogen auf eine Probe von 1 m Länge, bei 15° C aushalten, ohne zu zerreissen. Zur Lötung darf nur Hartlot (Silber) verwendet werden.

Jede Ader ist mit einem farbigen Papier zu isolieren. Je zwei Adern sind zu einem Paar und je zwei Paare nach dem von Dieselhorst-Martin angegebenen System zu einem Vierer zu verseilen. Die beiden Adern eines Paares sind mit der gleichen Farbe und die zwei Paare eines Vierers mit verschiedener Farbe zu kennzeichnen. Diese Farben sind blau-weiss und grün-rot. Blau-weisse und grün-rote Vierer wechseln in der Lage miteinander ab. In jeder Lage ist ein Vierer als Zählvierer dadurch kenntlich zu machen, dass an Stelle der blauen Farbe Orange tritt. Jede Lage ist mit einem Papierband zusammenzuhalten. Ueber die äusserste Lage sind zwei Lagen Papier und ein Baumwollband zu wickeln.

Die Bleimanteldicke beträgt für die Kabel bis zu 40 Paaren (20 Vierern) 2,5 mm und für die Kabel mit grösserer Aderzahl 3 mm.

Der Bleimantel ist mit einer Lage von geteertem Papier und einer 2 mm dicken, asphaltierten Juteschicht zu schützen.

Kabel, die in Rohre eingezogen werden, erhalten ausserdem noch eine Armatur aus verzinkten Flacheisendrähten von 1,2 bis 1,8 mm Dicke, die am Zugende zu einer langen Oese ausgebildet sind. An dieser Oese wird beim Einzug das Stahlseil befestigt.

Es würde über den Rahmen dieses Aufsatzes hinausgehen, alle elektr. Eigenschaften der Kabel eingehend zu besprechen. Vollständigkeitshalber seien indessen nachstehend die hauptsächlichsten Daten des Pflichtenheftes wiedergegeben:

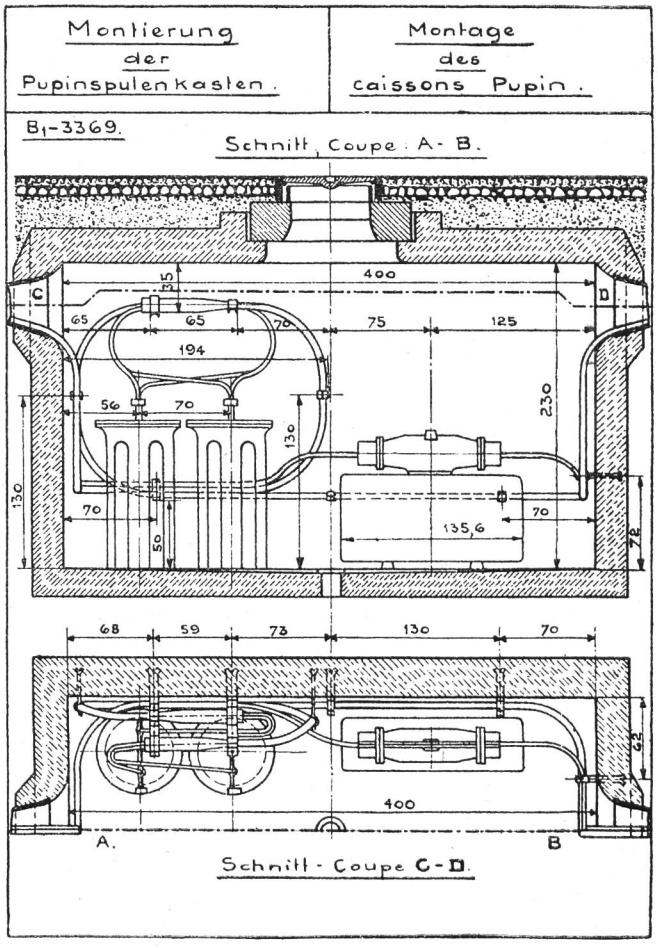



Fig. 6.

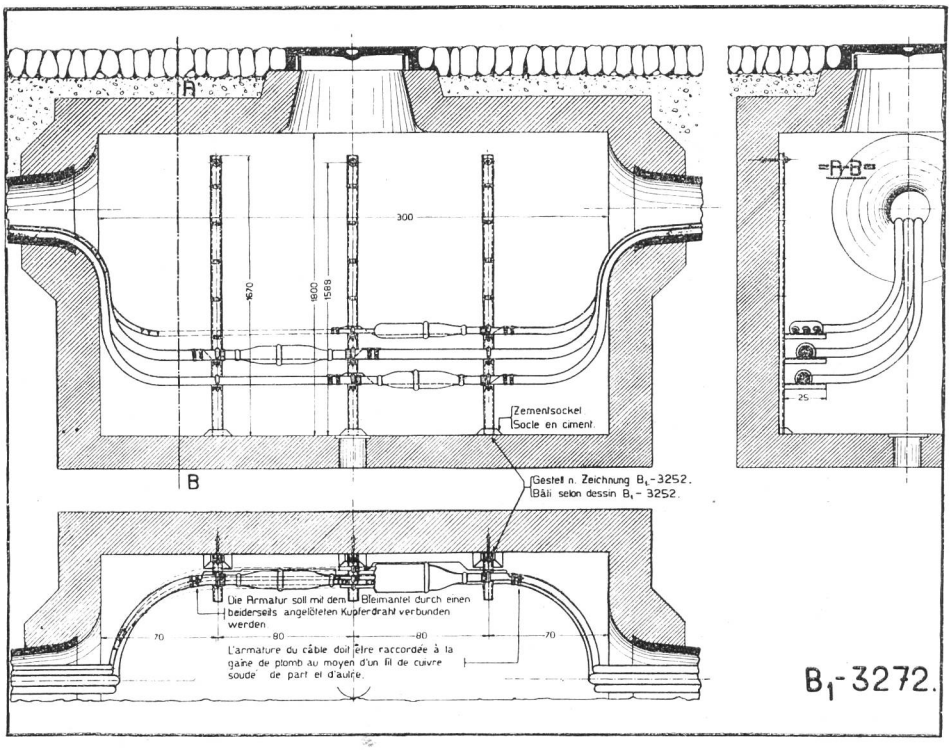
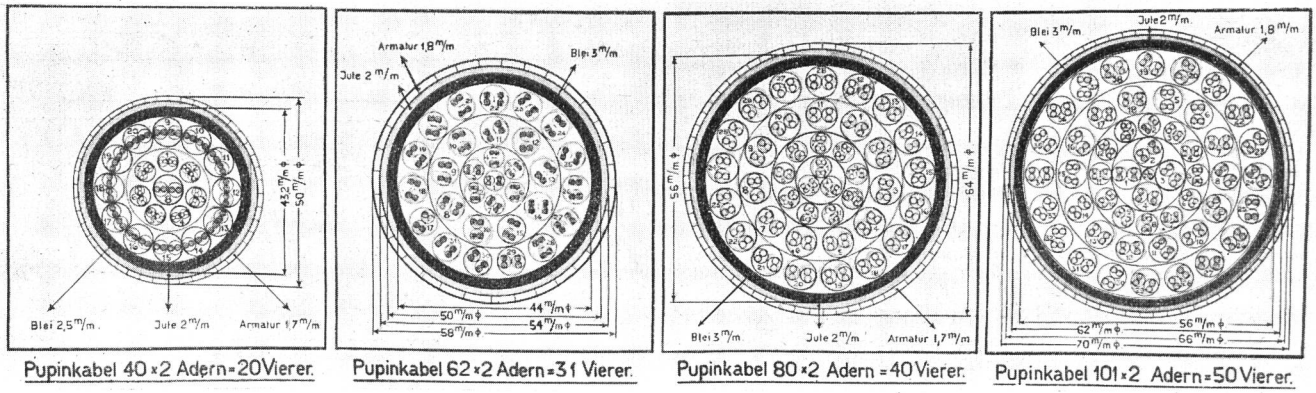



Fig. 7. Montierungsgestell für Spleisschächte.

*Der Ohmsche Widerstand* der 1,0 mm-Leiter beträgt bei 15° C im Max. 22,5 Ohm per km.
*Der Ohmsche Widerstand* der 1,5 mm-Leiter beträgt bei 15° C im Max. 10,0 Ohm per km.
*Der Isolationswiderstand* eines Drahtes gegen alle übrigen plus Blei soll beim fertig gespleissten Kabel wenigstens 10,000 Megohm betragen.
*Die wirksame Kapazität* der Aderpaare und Vierer soll bei Wechselstrom von 800 Perioden ($\omega$=5000) reduziert auf 15° C betragen:

*Normalkabel des schweizerischen Fernkabelnetzes.*

| Anzahl der | | | Aderdurchm. Vierer | | Zahl der Vierer | | | | | | | | Durchmesser | | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Kern | | I. Lage | | II. Lage | | III. Lage | | über Blei | über Armatur | |
| Paare | Vierer | Stromkr. | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 1,5 | | | |
| 10 | 5 | 15 | 5 | — | 5 | — | — | — | — | — | — | — | 21 | 28 | für kurze Abzweigungen |
| 20 | 10 | 30 | 10 | — | 10 | — | — | — | — | — | — | — | 23 | 35 | |
| 30 | 15 | 45 | — | 15 | — | 4 | — | 11 | — | — | — | — | 38 | 45 | für längere Abzweigungen |
| 40 | 20 | 60 | 7 | 13 | — | 1 | 7 | — | — | 12 | — | — | 43 | 50 | |
| 62 | 31 | 93 | 7 | 24 | 1 | — | 6 | — | — | 9 | — | 15 | 50 | 58 | |
| 80 | 40 | 120 | 12 | 28 | 3 | — | 9 | — | — | 11 | — | 17 | 56 | 64 | |
| 100 | 50 | 150 | 12 | 38 | — | 4 | 12 | — | — | 14 | — | 20 | 62 | 70 | |




Pupinkabel 40×2 Adern=20 Vierer. Pupinkabel 62×2 Adern=31 Vierer. Pupinkabel 80×2 Adern=40 Vierer. Pupinkabel 101×2 Adern=50 Vierer.

Fig. 10.

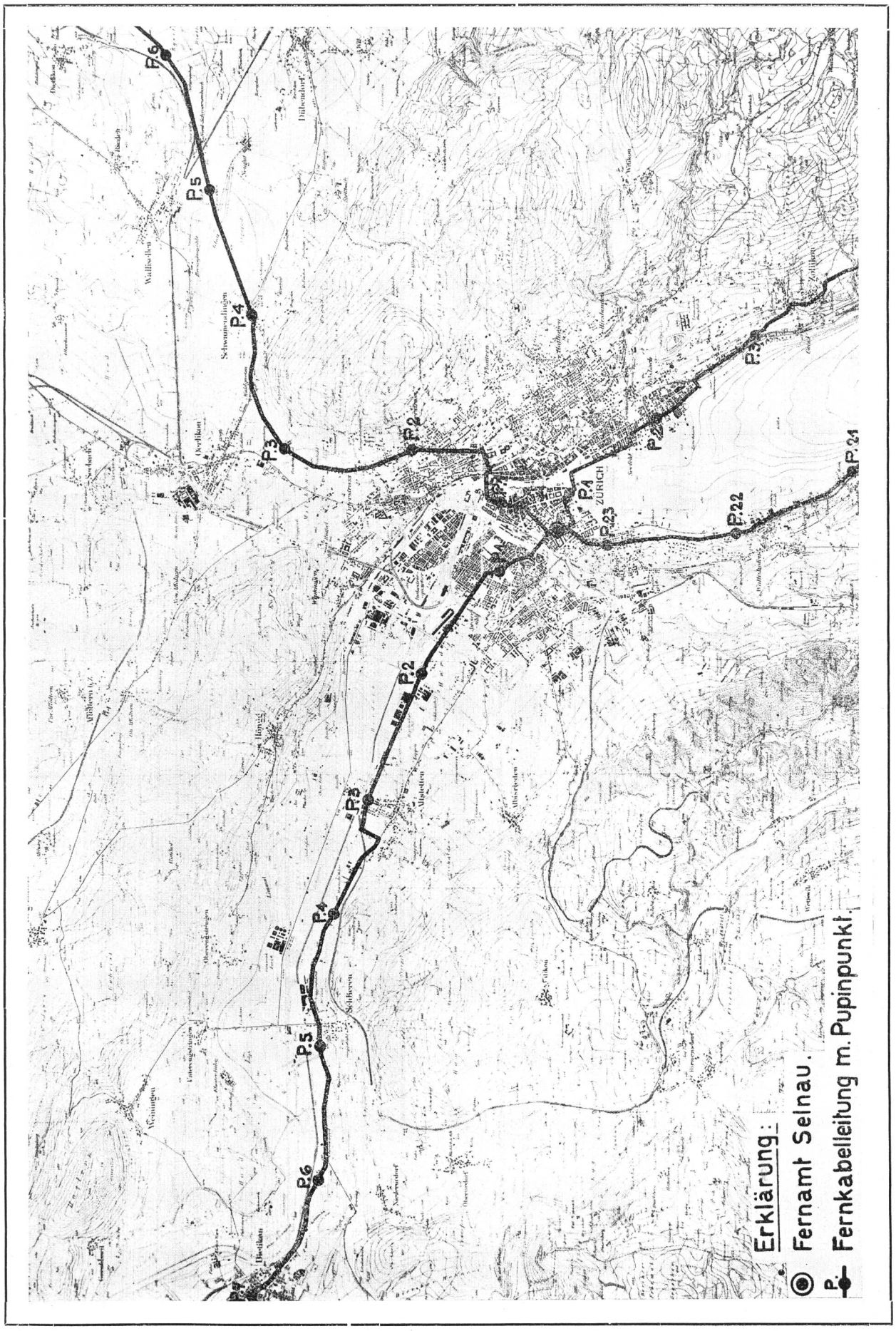



Fig. 8. Pupinisierungsplan.

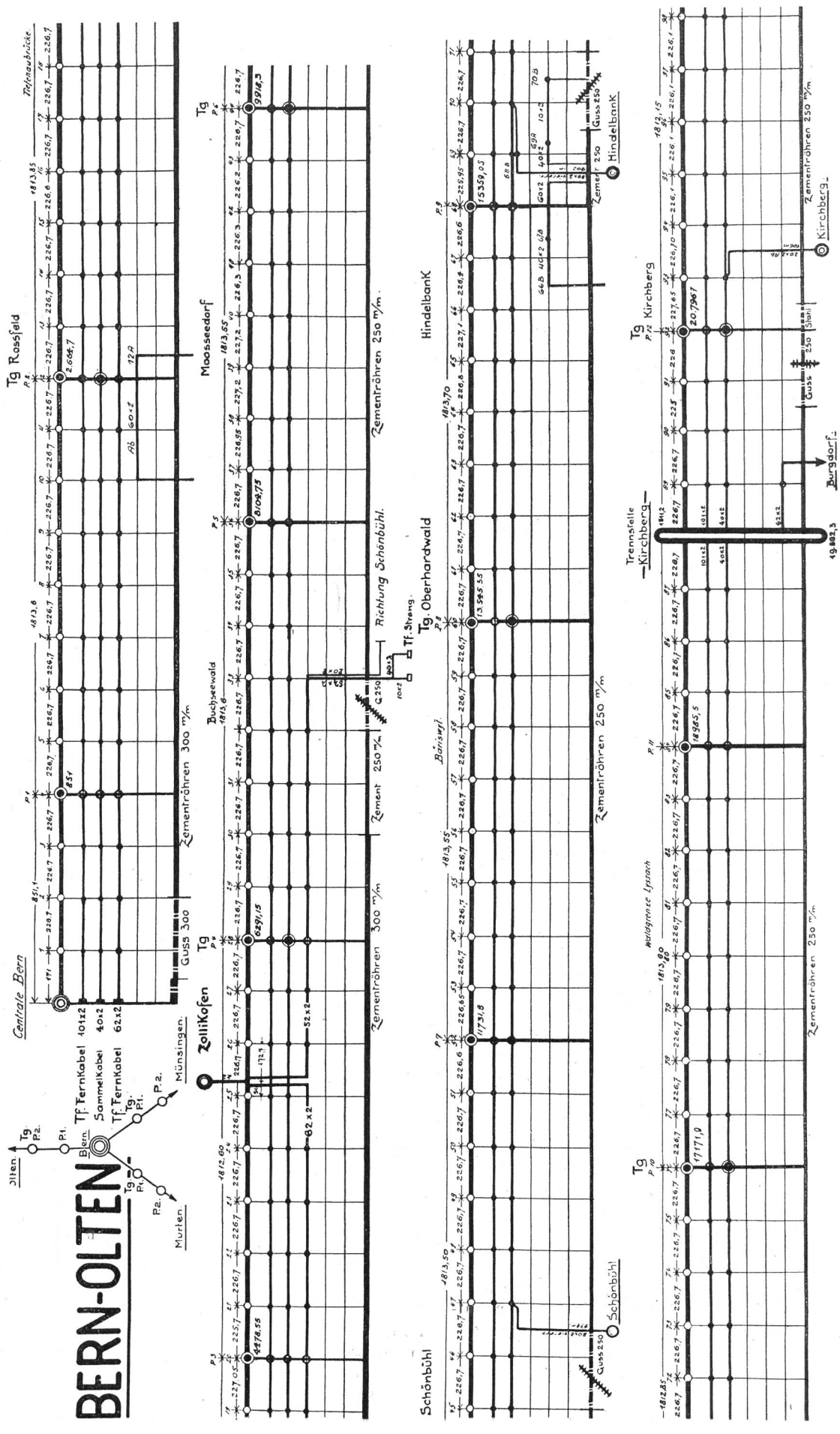



Fig. 9. Schematischer Spleissplan.

0,039 Mf. für Aderpaare mit 1,5 mm Leiter
0,036 Mf. für Aderpaare mit 1,0 mm Leiter
0,065 Mf. für Vierer mit 1,5 mm-Leiter
0,058 Mf. für Vierer mit 1,0 mm-Leiter
} pro km Länge.

Die elektr. Eigenschaften der Pupinspulen sind:
Für die Stammspulen:

Induktivität in betriebsmässiger Schaltung 0,177 Henry pro Spule allein;

Ohmscher Widerstand in betriebsmässiger Schaltung 7,8 Ohm pro Spule allein;

Effektiver Widerstand in betriebsmässiger Schaltung 10,4 Ohm pro Spule allein.

Für die Viererspulen:

Induktivität in betriebsmässiger Schaltung 0,107 Henry pro Spule allein;

Ohmscher Widerstand in betriebsmässiger Schaltung 2,1 Ohm pro Spule allein;

Effektiv-Widerstand in betriebsmässiger Schaltung 3,4 Ohm pro Spule allein.

Der möglichst hohen Gleichförmigkeit in den elektrischen Eigenschaften der Kabel und Spulen wurde spezielle Aufmerksamkeit geschenkt, um Kabel zu erhalten, die möglichst rein von Ueber- und Mitsprechen, sowie von Starkstromgeräusch sind und für die sich leicht künstliche Nachbildungen machen lassen, wie solche für die Verstärkerschaltungen benötigt werden.

Das Pflichtenheft schreibt daher vor:

*a. für die Kabel:*

Für den Gleichstrom-Widerstand wird bestimmt, dass die Abweichungen nicht grösser sein dürfen als ± 1,5 % des aus den 4 Werten gebildeten Mittelwertes. Die kilometrische Kapazität der einzelnen Stamm- und Viererkreise des Aderbündels in allen Spulenfeldern darf nicht mehr als ± 3 % von den oben angegebenen Pflichtwerten abweichen. Die mittlere kilometrische Kapazität irgend eines Spulenfeldes darf vom Mittel aus allen Spulenfeldern nicht mehr als ± 2 % abweichen. Die kilometrische Kapazität irgend eines Stamm- oder Viererkreises in irgend einem Spulenfelde darf in keinem Falle mehr als ± 3 % von der mittleren kilometrischen Kapazität sämtlicher Stamm- bzw. Viererkreise des betreffenden Spulenfeldes abweichen. Diese Bestimmungen gelten für jeden Aderdurchmesser getrennt.

*b. für die Spulen:*

Die Differenz der gemessenen Ohmschen Widerstände der beiden Hälften einer Stammspule und der vier Wicklungen einer Viererspule darf nicht mehr betragen als 0,1 Ohm.

Die Induktivitäten der beiden Hälften einer Stammspule dürfen nicht mehr als ± 0,15 % vom Mittelwert aus beiden Werten abweichen ($\omega$ = 5000 und 1,0 M.-Amp.).

Keine der vier Wicklungen einer Viererspule darf in ihrer Induktivität mehr als 0,5 % des Normalwertes von irgend einer der übrigen Wicklungen abweichen ($\omega$ = 5000 und 1,0 M.-Amp.).

Die mit 1,0 Amp. bei $\omega$ = 5000 gemessenen Werte für die wirksamen Induktivitäten der Stamm- und Viererspulen dürfen für alle Spulen eines Kastens und alle Kasten einer in Auftrag gegebenen Kabelanlage nicht mehr als ± 2 % von den Pflichtwerten abweichen.

Diese Differenzen werden an fertig eingebauten Spulenkasten gemessen.

Der Dämpfungsgrad des Uebersprechens resp. Mitsprechens darf nicht kleiner sein als

*a*) zwischen belieb. Stammleitungen des Aderbündels $b$ = 8,3;

*b*) zwischen belieb. Stamm- und Viererleitungen des Aderbündels $b$ = 8,0.

Da das Tracé der Kabelleitung an einigen Stellen die Hochspannungsbahn kreuzt und längere nahe Parallelführungen aufweist, empfahl sich die Prüfung der einzelnen Kabellängen und Spulen mit einer Wechselstromspannung von 2000 Volt gegen Erde. Aus dem gleichen Grunde wurde verlangt, dass die Spulen in betriebsmässiger Schaltung eine Magnetisierung mit 1,0 Ampère Gleich- oder effekt. Wechselstrom von 10 bis 60 Perioden aushalten können, ohne dass sich die Induktivität mehr als 2 % der oben angeführten Werte ändert.

Die nach den Bestimmungen dieses Pflichtenheftes fertig montierten Kabel besitzen eine Charakteristik $\left(\text{Wellenwiderstand } Z = \sqrt{\frac{L}{C}}\right)$ von

Z = 1655 Ohm für Stammleitungen der 1,0 mm-Leiter,
Z = 1590 Ohm für Stammleitungen der 1,5 mm-Leiter,
Z = 1015 Ohm für Viererleitungen der 1,0 mm-Leiter,
Z = 960 Ohm für Viererleitungen der 1,5 mm-Leiter

und eine Eigenfrequenz $\omega_0$ = 18,000 für beide Leiterdurchmesser.

*Die kilometrische Dämpfung* darf bei einer Kreisfrequenz von $\omega$ = 5000 nicht höher sein als:

$\beta$ = 0,0172 für Stammleitungen mit 1,0 mm-Leitern,
$\beta$ = 0,0140 für Viererleitungen mit 1,0 mm-Leitern,
$\beta$ = 0,0096 für Stammleitungen mit 1,5 mm-Leitern,
$\beta$ = 0,0081 für Viererleitungen mit 1,5 mm-Leitern.

Die Messungen an den bis heute abgenommenen Kabeln haben gezeigt, dass diese Garantiewerte auf allen Adern eingehalten wurden. Die bei den Abnahmeversuchen festgestellten Werte sind im allgemeinen noch erheblich günstiger.

Die Reichweite dieser Kabel beträgt daher für die zwischen zwei Verstärkern zugelassene Leitungsdämpfung $\beta l$ = 1,6 annähernd:

ca. 100 km für die 1,0 mm-Stammstromkreise,
ca. 120 km für die 1,0 mm-Viererstromkreise
ca. 170 km für die 1,5 mm-Stammstromkreise
ca. 200 km für die 1,5 mm-Viererstromkreise.

Die ganze West-Ost-Hauptlinie ist nach dem Zwei-Kabelsystem ausgerüstet, bei dem ein einheitliches grosses, nur an den Hauptverkehrspunkten eingeführtes reines Fernsprechkabel und ausserdem ein kleines Sammelkabel, das zugleich die Telegraphenstromkreise aufzunehmen hat, verlegt werden.

Das Telephonkabel, das auf dem grössten Teil der Hauptlinie dem vorbesprochenen Typ mit 80 oder 100 Paaren entspricht, wurde von der Kabelfabrik Cortaillod geliefert und nach dem System der Western Electric Co. abgeglichen und gespleisst. Es ist mit Spulen der Western Electric Co. pupinisiert. Die Pupindistanzen von 1800 m Kanallänge sind in acht gleiche Teile von 225 m eingeteilt. Die elektrischen Eigenschaften der einzelnen Längen werden gemessen und nach den Werten ihrer Kapazität so zusammengesetzt (gekreuzt), dass eine in der ganzen Länge homogene (abgeglichene) Leitung entsteht. Dabei war die schon bei der Fabrikation verlangte Gleichförmigkeit von grosser Bedeutung. In die abgeglichenen Pupindistanzen werden die Pupinspulenkasten eingespleisst. Allfällige durch diese Einschaltung entstandene Ungleichheiten werden ebenfalls durch sorgfältige Auswahl der Spulen für jeden Vierer nach Möglichkeit ferngehalten. Jeder Kabelabschnitt zwischen zwei Abzweigpunkten oder Trennstellen ist als unabhängiges Kabel abgeglichen, so dass an diesen Stellen jeder Wechsel der Vierer ohne Störung des Abgleichs möglich ist.

Die Bleimuffen sind „trocken", d. h. ganz ohne Masse und Imprägnierung der Adern zusammengespleisst und nach der Trocknung, die je nach der Aderzahl ½ bis 2 Stunden dauert, luft- und wasserdicht verlötet worden.

Jede Fabrikationslänge wird vor dem Einspleissen mit Druckluft von zirka 2 Atm. während mindestens 24 Stunden auf Dichtigkeit geprüft; gleicherweise auch jede Pupindistanz, um zu verhindern, dass sich erst nach der Inbetriebnahme noch Fehler im Bleimantel oder in den Lötfugen der Muffen zeigen, die dann nur mit erheblichen Schwierigkeiten behoben werden könnten.

Alle Muffen eines Kabels sind auf den Muffengestellen stets an gleicher Stelle befestigt; ebenso die Pupinspulen in den Schächten. Die Flachdrahtarmaturen der Kabel sind überall durchverbunden, und bei allen Muffen ist ausserdem der Ueberführungsdraht am Blei angelötet. An einzelnen Stellen sind Erdplatten verlegt und mit dem Bleimantel verbunden. Diese Anordnungen wurden getroffen, um die Einwirkung der Bahnströme auf die Kabeladern so viel als möglich zu beschränken.

Das Telegraphen- und Sammelkabel wurde in der Hauptsache durch die Kabelfabriken Cossonay und Brugg nach den Bestimmungen des gleichen Pflichtenheftes geliefert. Es ist auf den Hauptstrecken ein Kabel vom Typ $40 \times 2$, das seiner Bestimmung gemäss zur Hälfte, in gleicher Weise wie das Fernsprechkabel, stamm- und viererpupinisiert ist, und zur Hälfte als Telegraphenkabel dient. Die zum Telegraphieren bestimmten Aderpaare sind nur stammpupinisiert. In diesen Adern werden nur alle 3600 m Pupinspulen eingeschaltet, die indessen die gleichen elektrischen Eigenschaften aufweisen wie die Spulen der Fernsprechkreise. Dieser Teil des Kabels kann daher ohne allzu grosse Kosten bei Bedarf ebenfalls als Telephonkabel eingerichtet werden, um so mehr als auch die Vierer gleich gut abgeglichen werden wie die Telephonvierer.

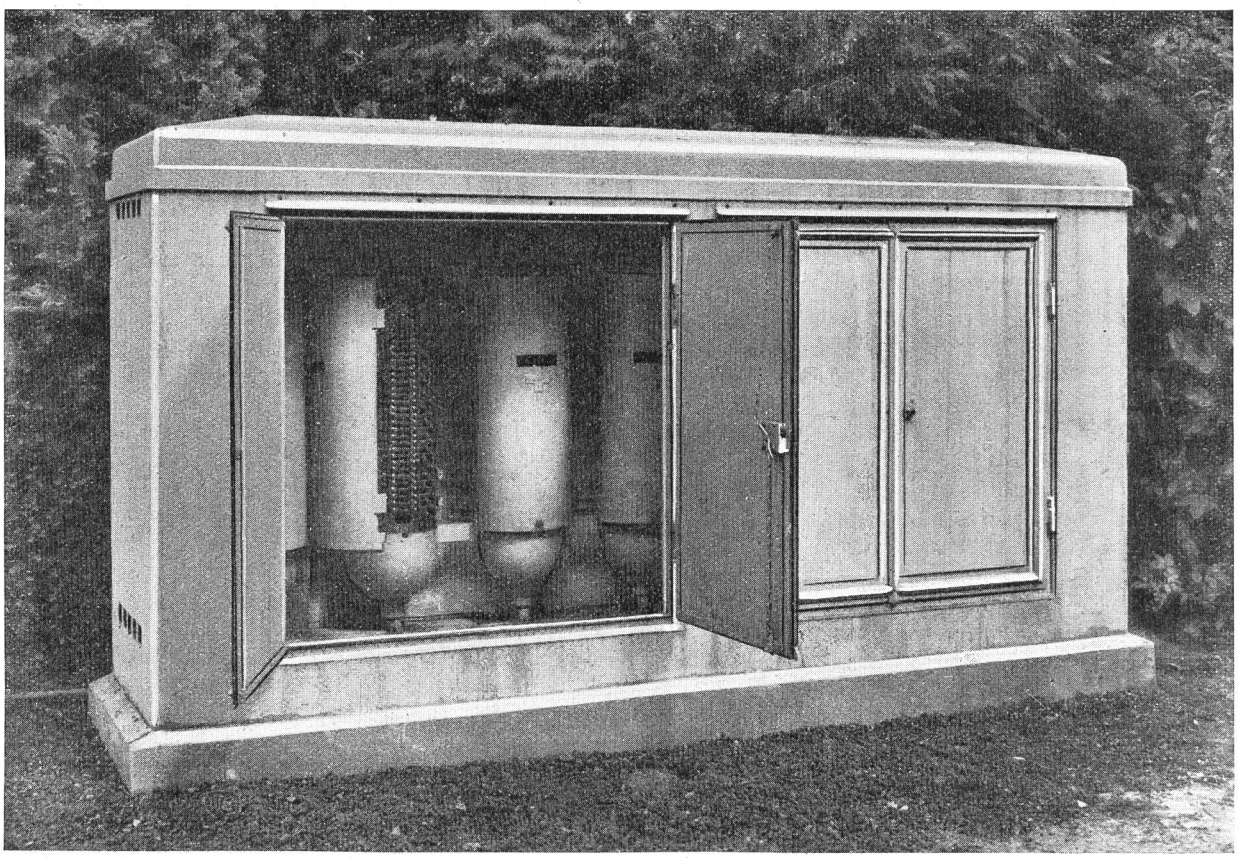


Fig. 11.

Das Telegraphen- und Sammelkabel ist auf längeren Strecken nach dem System von Siemens & Halske durch Zuschaltung von Ausgleichkondensatoren abgeglichen; es ist von dieser Firma montiert worden und ist mit Pupinspulen aus ihrer Fabrik in Albisrieden bei Zürich pupinisiert.

Die Abzweigkabel der kleinen Zentralen sind, wo immer möglich, ungefähr in der Mitte der Pupindistanzen abgezweigt. Ueberall wo neue Kabel verlegt werden mussten, sind viererverseilte Kabel mit 10 oder 20 Aderpaaren verwendet, um auch die Viererleitungen voll ausnützen zu können. Diese kleinen und meist kurzen Kabel sind direkt und fest in Verteilmuffen an das Sammelkabel angespleisst.

Für wichtigere Telephonleitungen, deren Betrieb die Einschaltung von Verstärkern erheischt, werden Kabelabzweigungen wo immer möglich dadurch vermieden, dass die Kabel direkt über die anzuschliessende Zentrale geführt werden. Wo das nicht angeht, wird am Kabelabzweigpunkt eine Trennstelle eingebaut, mit deren Hilfe beliebige Schaltungen zwischen den beiden Fernkabeln und der Abzweigstrecke vorgenommen werden können.

Die Trennstellen des ältern Systems bestehen aus einem Kasten aus Kunststein, in dem die Kabelendverschlüsse in Form von gusseisernen Kasten $B_1$-1760 oder $B_1$-1725 in Einheiten von $20 \times 2$ Lötösen (10 Vierern) oder in Einheiten von $40 \times 2$ Lötösen (20 Vierern) an einem Eisengestell angeschraubt sind. Die Verbindungen zwischen den einzelnen Einheiten sind in diesen Trennstellen durch Einzelkabel Typ F hergestellt. Alle Teile sind vollständig abgeschlossen und durch den Steinkasten vor den Einflüssen des Temperaturwechsels einigermassen geschützt.

Die Trennstellen neueren Systems bestehen aus grossen, zylinderförmigen Kasten mit einem innern, luftdicht verschliessenden Gussmantel und einem äussern Blechmantel. In diesen Kasten befindet sich, in ähnlicher Konstruktion wie bei den grossen Verteilkasten $B_1$-2424, ein Endverschluss, in den sämtliche Haupt- und Zweigkabel eingeführt sind. Die Lötösen sind in grosse Steatitisolatoren eingepresst. Sie werden so angeordnet, dass die Leitungen durch Aufsetzen von federnden Reitern durchverbunden werden können. Verbindungen mit den Zweigkabeln werden mit Gummiadern, die an den Lötösen angelötet sind, überführt.

Obschon bei beiden Konstruktionen auf den absolut sichern Abschluss grosse Sorgfalt verwendet wurde, hat sich doch die Verlegung der Trennstellen in die Zentralen als die einzig sichere Lösung der Trennstellenfrage erwiesen.

Die Kabel der eigentlichen Nebenlinien sind meist als gemischte Telegraphen- und Telephonkabel gebaut, da die Verlegung zweier getrennter Kabel für beide Dienstzweige unwirtschaftlich wäre. Dies um so mehr, als der Telegraphenverkehr, und damit auch die Zahl der Telegraphenverbindungen, im Abnehmen begriffen ist. Um das Ueberhören der Telegraphenzeichen auf die Telephonadern herabzumindern, werden die Telegraphenadern mit einem kontinuierlich durchverbundenen Stanniol- oder Aluminiumband umwickelt.

Auf Leitungen mit nur einem einzigen Kabel sind Beschädigungen oft von katastrophaler Wirkung, da dadurch der telephonische Verkehr ganzer Gegenden plötzlich unterbrochen wird. Um stets eine gut isolierte Messader zur Verfügung zu haben und dadurch die Fehlereingrenzung zu erleichtern, wird daher bei solchen Kabeln ein einzelnes Aderpaar oder ein Vierer im Kern speziell mit Blei umpresst und auch in den Muffen wasserdicht durchgeführt.

Von diesem Kabeltyp sind bis heute Kabel zu 41 (40+1 Pilotpaar), 52 (50+1 Pilotvierer) und 62 (60+2 Paare) Paaren im Betrieb. Sie haben sich

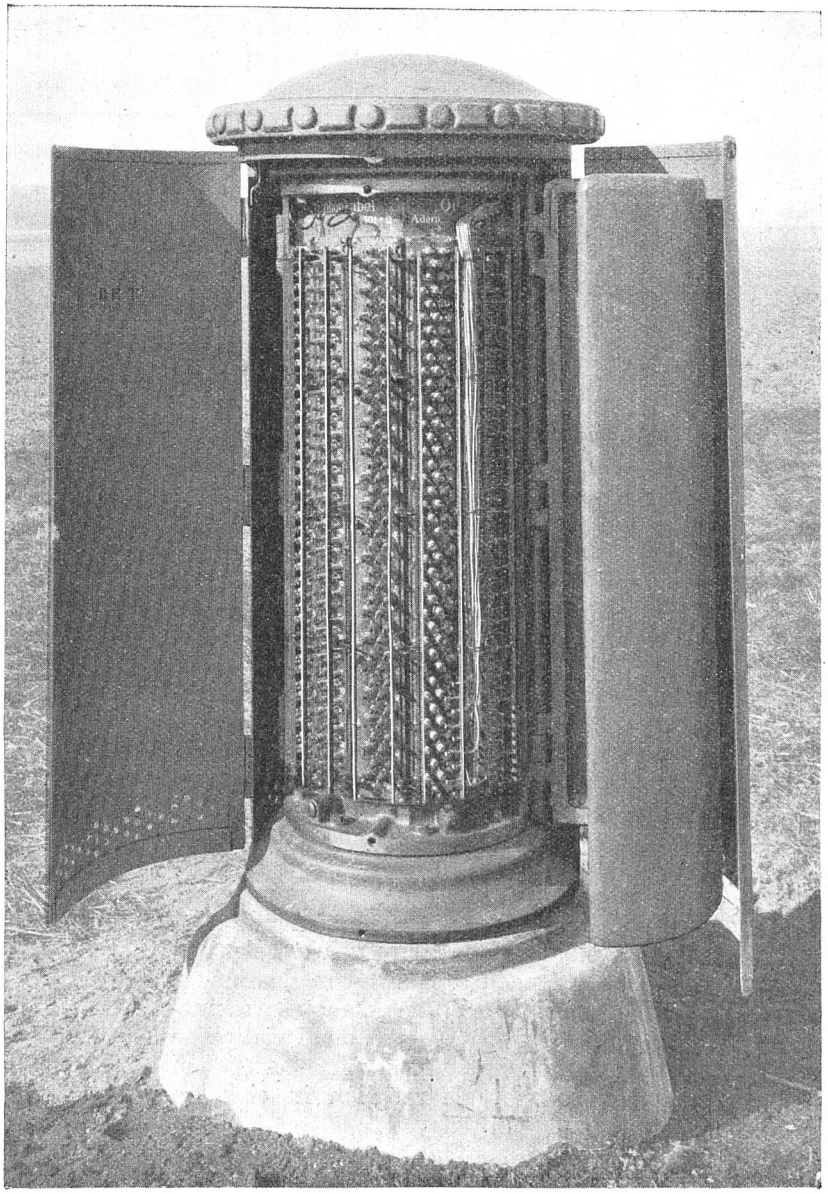


Fig. 12.

gut bewährt, da die Metallbandwicklung ihren Zweck vollständig erfüllt.

Die längsten telephonischen Verbindungen der Transversale Genf—St. Gallen sind rund 370 km lang; die Entfernung Lausanne—St. Gallen beträgt 260 km, Basel—Genf 270 km, Bern—St. Gallen 220 km usw. Alle diese Entfernungen sind grösser als die hiervor ausgerechnete Reichweite der besten Adern des Kabels für eine Dämpfung $b = 1{,}6$. Es ist allerdings möglich, in einem guten, d. h. verzerrungsfreien und gleichförmigen, ruhigen Kabel bis zu einer Dämpfung von $b = 2{,}5$ eine gute Verständigung zu erzielen. Zur Dämpfung der Fernleitungen addieren sich aber im Betrieb die Dämpfungen der Abonnentenstationen und der Einrichtung der Zentralen, von denen es auf eine Verbindung oft 3 oder 4 trifft. Ausserdem erhalten die Anschluss-Strecken, die letzten Abzweigungen, oft oberirdische Leitungen, so dass zu den oben aufgezählten Leitungsverlusten noch solche durch Reflexion der elektrischen Wellen an den Uebergangsstellen vom Kabel zur Luftleitung hinzukommen. Der rein auf die Fernkabelleitung entfallende Teil der Gesamtdämpfung wird daher in der Regel nicht mehr als $b = 1{,}6$ betragen dürfen. Um das zu erreichen, ist die Einschaltung von Verstärkern notwendig, die ungefähr auf die Distanz der Reichweite von einander entfernt sind. Aus wirtschaftlichen Gründen sind sie so viel als möglich in einzelne Aemter zusammenzufassen.

Das schweizerische Verstärkernetz erhält zwei Hauptverstärkerämter in Bern und Zürich und Nebenämter in Basel, Altdorf und Brig. Bern und Zürich sind die Verstärkerämter der West-Ost-Haupttransversale; Basel, Zürich und Altdorf diejenigen der Nord-Süd-Transversale. Die Verstärkerämter sind zurzeit im Bau. Sie werden Gegenstand einer besondern Besprechung bilden.

Das ganze schweizerische Fernkabelnetz besteht heute aus:

700 km Rohrkanal,
400 km Zoreskanal,
1,800 km Kabellänge,
82,000 km Doppeladerlänge.

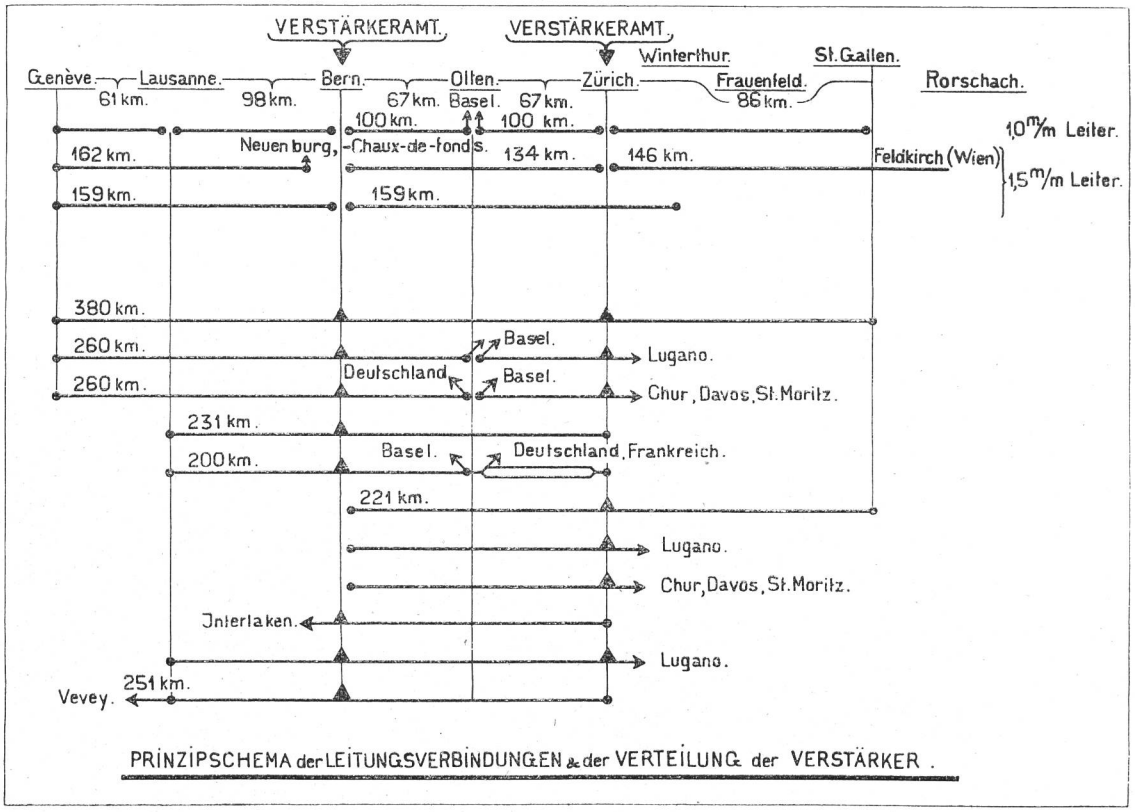



Fig. 13.

Für die nächsten zwei Jahre sind noch zur Verlegung vorgesehen:

Ein Kabel Pfäffikon (Schwyz)—Chur mit Abzweigung nach Glarus;

zwei kleinere Kabelnebenlinien Zürich—Bülach und Neuchâtel—La Chaux-de-Fonds;

die Anschlussleitungen an die Bodenseekabel Frauenfeld—Weinfelden—Romanshorn—Rorschach;

eventuell später noch ein Kabel Winterthur—Schaffhausen.

Mit der Auslegung dieser Strecken ist der erste Ausbau des schweizerischen Fernkabelnetzes in der Hauptsache beendet.