

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 59 (1981)

Heft: 2

Artikel: Kabelfehlerstatistik = Statistique des défauts de câbles

Autor: Diener, Paul / Rupp, Hans

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874171>

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: 05.04.2026

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

Zusammenfassung. *Der Artikel gibt einen Überblick über die Entwicklung der Kabelfehler von 1967 bis 1979. Die Auswirkungen der Massnahmen gegen Korrosions- und Blitzschäden wurden dabei eingehend untersucht.*

Résumé. *Les auteurs montrent comment les défauts de câbles ont évolué de 1967 à 1979. Il analyse de manière détaillée les effets des mesures prises contre les dégâts dus à la corrosion et à la foudre.*

Statistica dei difetti di cavi

Riassunto. *Gli autori descrivono i diversi tipi di difetti di cavi che si sono manifestati durante gli anni dal 1967 al 1979. Esamina poi dettagliatamente l'effetto delle misure adottate per far fronte ai danni dovuti alla corrosione e ai fulmini.*

1 Einleitung

11 Zweck der Kabelfehlerstatistik

Die Kabelfehlerstatistik liefert Angaben, aufgrund deren sich der Zustand und die Störanfälligkeit des PTT-Kabelnetzes beurteilen lassen. Das Kennen von Schwachstellen im Kabelnetz erlaubt, zur Verminderung oder Verhütung bestimmter Fehlerquellen geeignete Massnahmen zu treffen. Ferner gibt die Statistik Aufschluss, ob sich Schutzmassnahmen gegen bestimmte Schäden, beispielsweise gegen Korrosion oder Blitze, bewähren. Schliesslich können Erhebungen über Kosten und Arbeitsstunden von Störungsbehebungen zu Wirtschaftlichkeitsberechnungen verwendet werden, wenn es gilt, zwischen bestehenden und neuen, allenfalls auch teureren, aber weniger störanfälligen Lösungen zu entscheiden.

2 Definitionen

21 Kabelfehler

Als Kabelfehler bezeichnet man einen Vorfall oder eine Störung, die Reparaturarbeiten an der Kabelanlage (Kabel, Spleissung, Endverschluss) nötig macht. Ein Fehler hat nicht in jedem Fall eine Beeinträchtigung des Telefonverkehrs zur Folge. Beschädigungen der Einzugssysteme oder Kabelschutzkanäle zählen nicht als Kabelfehler.

22 Kabel

Orts- oder Teilnehmerkabel (TK) verlaufen zwischen Hauptverteiler der Zentrale und Endverschluss am Wohnsitz des Teilnehmers oder Endverschluss am Übergang zur Freileitung. *Interzentrale Kabel* (Verbindungen zwischen Haupt- und Quartierämtern sowie zwischen Quartierämtern) zählen ebenfalls zu den Ortskabeln.

Bezirkskabel (BK) verbinden Hauptamt mit Knoten- oder Endamt sowie Knotenamt mit Endamt.

Als *Fernkabel* (FK) werden Kabel zwischen Fernmeldezentren der gleichen oder verschiedener Netzgruppen bezeichnet.

3 Entwicklung der Fehler

In den sechs Jahren von 1967 bis 1973 haben die Fehler nahezu um 50 % zugenommen. Seit 1973 blieb die Fehlerzahl annähernd konstant, sie pendelt seither um etwa 7000 Fehler im Jahr.

1 Introduction

11 But de la statistique des défauts de câbles

La statistique des défauts de câbles fournit des indications permettant de juger de l'état et de la vulnérabilité aux dérangements du réseau des câbles des PTT suisses. Si l'on connaît les points faibles de ce dernier, des mesures appropriées peuvent être prises pour que soit diminuée ou empêchée l'apparition de certaines sources de défauts. En plus de cela, la statistique montre si les mesures de protection contre certains dégâts donnent de bons résultats, par exemple en ce qui concerne la corrosion ou la foudre. Enfin, ces analyses peuvent servir de base à des calculs de rentabilité lors de l'évaluation des coûts et des heures de travail qu'entraîne la suppression des dérangements, quand il s'agit de choisir entre des solutions existantes ou des solutions nouvelles éventuellement plus coûteuses mais moins sujettes aux dérangements.

2 Définitions

21 Défauts de câbles

Est réputé défaut de câble un événement ou un dérangement qui rend nécessaire des travaux de réparation à l'installation (câble, épissure, tête de câble). Un défaut n'entrave pas dans tous les cas le trafic téléphonique. Des endommagements des systèmes de tirage ou des canalisations de protection ne sont pas considérés comme des défauts de câbles.

22 Câbles

Les *câbles locaux ou câbles d'abonnés* sont posés entre le répartiteur principal du central et la tête de câble au domicile de l'abonné ou la tête de câble formant la transition avec une ligne aérienne. Les *câbles intercentraux* (jonctions entre les centraux principaux et les centraux de quartier ainsi qu'entre ces derniers) font également partie des câbles locaux.

Les *câbles ruraux* relient le central principal au central nodal ou au central terminal ainsi que le central nodal au central terminal.

On appelle *câbles interurbains* ceux qui assurent la connexion entre les centres de télécommunication d'un même groupe de réseaux ou de plusieurs groupes de réseaux.

Tabelle I. Entwicklung der Kabelfehler zwischen 1967 und 1979
Tableau I. Evolution en matière de défauts de câble entre 1967 et 1979

Jahr — Année		1967	1973	1979
Fehler absolut — Nombre absolu de défauts	Ortskabel — Câbles lo- caux	4361	6654	6723
	Fern- und Bezirkskabel — Câbles interurbains et ruraux	400	430	313
	Total	4761	7084	7036
Anteil in % — Quota en %	Ortskabel — Câbles locaux	91,6	93,9	95,5
	Fern- und Bezirkskabel — Câbles interurbains et ruraux	8,4	6,1	4,5
	Total	100,0	100,0	100,0
Fehler je 100 km Kabel — Défauts par 100 km de câble	Ortskabel — Câbles lo- caux	8,58	9,74	8,10
	Fern- und Bezirkskabel — Câbles interurbains et ruraux	2,58	2,47	1,71
	Total	7,18	8,26	6,95

Die Zahlen, getrennt nach Fehlern an Ortskabeln (Teilnehmer) sowie Fern- und Bezirkskabelanlagen, zeigt *Tabelle I*. Die Zunahme von 2275 Fehlern von 1967 bis 1979 entfällt ausschliesslich auf die Ortskabelanlagen. Der Anteil der Fehler an Fern- und Bezirkskabelanlagen betrug an der Gesamtfehlerzahl noch 4,5 %, gegenüber 8,4 % im Jahre 1967.

Da die Fehlerzahlen von 1973 bis 1979 annähernd konstant geblieben sind, die Kabellängen im gleichen Zeitabschnitt aber um rund 17 % zugenommen haben, ist die Fehlerhäufigkeit (Fehler/100 km Kabel) erheblich gesunken. 1979 wären, bei gleicher Fehlerhäufigkeit (8,26 Fehler/100 km) wie 1973, etwa 1200 Fehler mehr aufgetreten.

4 Ursachen der Kabelstörungen

Über die Ursachen der Kabelstörungen geben die *Tabelle II*, die *Figur 1* sowie die nachfolgenden Ausführungen nähere Auskünfte.

Tabelle II. Ursachen der Kabelstörungen
Tableau II. Causes des dérangements de câbles

Fehlerart — Genre de défaut	1967		1973		1979	
	Absolut — Valeur absolue	Je 100 km — Par 100 km	Absolut — Valeur absolue	Je 100 km — Par 100 km	Absolut — Valeur absolue	Je 100 km — Par 100 km
Mechanische Beschädigungen — Endommagements mécaniques	2184	3,30	3224	3,76	2274	2,25
Korrosions- und Elektrolyseschäden — Dommages dus à la corrosion et à l'électrolyse	1184	1,78	1994	2,33	2340	2,31
Montierungsfehler — Erreurs de montage	581	0,87	911	1,06	829	0,81
Blitzschäden — Dégâts provoqués par la foudre	244	0,36	337	0,40	297	0,29
Starkstromschäden — Dégâts provoqués par le courant fort	34	0,06	28	0,03	58	0,06
Ermüdungsfehler — Dommages dus à la fatigue	117	0,18	189	0,22	375	0,37
Schäden durch Nagetiere — Dégâts causés par des rongeurs	113	0,17	103	0,12	120	0,12
Fabrikations-, Material- und Konstruktionsfehler — Défauts de fabrication, de matériel et de construction	85	0,13	80	0,09	163	0,16
Andere Ursachen — Autres causes	89	0,13	51	0,06	378	0,38
Unbekannte Ursachen — Causes inconnues	130	0,20	167	0,19	202	0,20
Total	4761	7,18	7084	8,26	7036	6,95

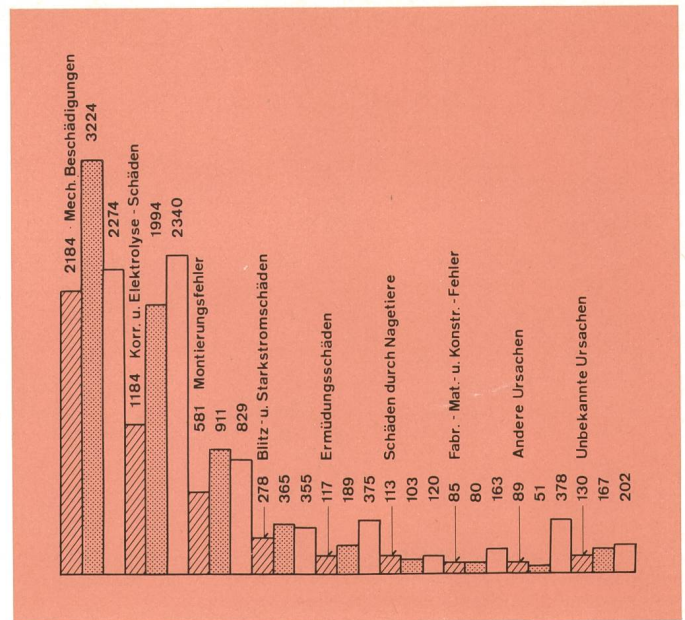


Fig. 1 Ursachen der Kabelstörungen — Causes des dérangements de câbles
Mech(anische) Beschädigungen — Endommagements mécaniques
Korr(ositions)- und Elektrolyseschäden — Dommages dus à la corrosion et à l'électrolyse
Montierungsfehler — Erreurs de montage
Blitz- und Starkstromschäden — Dégâts provoqués par la foudre ou le courant fort
Ermüdungsschäden — Dommages dus à la fatigue
Schäden durch Nagetiere — Dégâts causés par des rongeurs
Fabr(ikations)-, Mat(erial)- und Konstr(uktions)fehler — Défauts de fabrication, de matériel et de construction
Andere Ursachen — Autres causes
Unbekannte Ursachen — Causes inconnues

- ▨ 1967: Total 4761 Fehler — 4761 défauts au total
- ▤ 1973: Total 7084 Fehler — 7084 défauts au total
- 1979: Total 7036 Fehler — 7036 défauts au total

3 Evolution en matière de défauts

Au cours des six années allant de 1967 à 1973, le nombre des défauts a augmenté de presque 50 %. S'il est resté à peu près constant depuis 1973, il oscille depuis lors autour de 7000 défauts par an.

Le *tableau I* indique ces chiffres séparément, selon qu'il s'agit de défauts de câbles locaux (câbles d'abonnés) ou de câbles interurbains et ruraux.

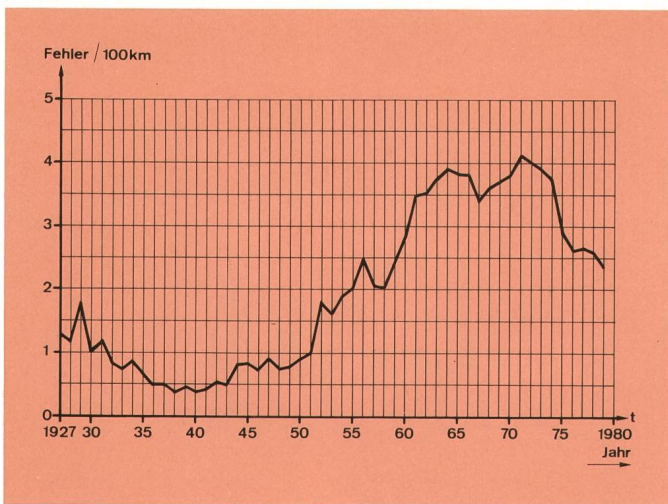


Fig. 2
 Mechanische Beschädigungen je 100 km Kabel (inklusive Schäden durch Nagetiere) — Endommagements mécaniques par 100 km de câble (y compris les dégâts causés par les rongeurs)
 Fehler — Défauts
 Jahr — Année

41 Mechanische Beschädigungen

Die höchste Zahl mechanischer Beschädigungen wurde 1973 mit 3224 Fehlern registriert, 1979 wurden in dieser Gruppe noch 2274 Fehler gemeldet. Die Fehlerhäufigkeit ist damit erstmals seit 20 Jahren wieder unter den Wert von 2,5 Fehler/100 km gesunken (Fig. 2). Gründe für diese sinkende Fehlerzahl sind

- Rückgang der Bautätigkeit
- eine 1974 durchgeführte Aktion (PTT, SUVA, SVGW, UDK, VSE) zur Verhütung von Beschädigungen an unterirdisch verlegten Kabeln und Rohrleitungsanlagen

42 Korrosions- und Elektrolysefehler

In der 1969 veröffentlichten Kabelfehlerstatistik 1957...1966 [1] wurde die Hoffnung geäußert, dass sich die Mitte der sechziger Jahre eingeführten neuen Korrosionsschutzmassnahmen (verschweisstes Polycelluxband, feuerverzinkte Kabelkanäle) günstig auf die Bleimantelkorrosion auswirken würden [2]. Auf den ersten Blick schien sich dies allerdings nicht erfüllt zu haben, sind doch die Korrosionsschäden während der Berichtsperiode um nahezu 100 % — auf 2340 Fehler — angestiegen. Bei näherer Betrachtung stellt man allerdings fest, dass sich die Zahl der Korrosionsfehler je Jahr bis 1975 allmählich erhöhte, seither aber, trotz Zunahme der absoluten Länge der verlegten Bleimantelkabel, praktisch konstant blieb.

Noch günstiger wird die Bilanz, wenn man das Kabelalter beim Auftreten des Fehlers berücksichtigt (Fig. 3). Im Jahre 1967 beispielsweise traten 50 % der Korrosionsschäden an Kabeln auf, die noch nicht 16 Jahre alt waren, 1979 hingegen lag diese Grenze bereits bei 24 Jahren.

Dies zeigt eindeutig, dass die erwähnte Zunahme der Korrosionsfehler auf Konto alter Kabel geht, die weder mit dem verschweissten Polycelluxband versehen sind noch durch die Verbindung mit den feuerverzinkten Kabelkanälen zusätzlich kathodisch geschützt werden. Die Güte der seit 1963 angebrachten Korrosionsschutzhülle wird zudem dadurch dokumentiert, dass bis heute nur

L'augmentation de 2275 défauts observée de 1967 à 1979 concerne uniquement les câbles locaux. Par rapport aux chiffres globaux, la part des défauts aux câbles interurbains et ruraux est tombée à 4,5 % comparativement à 8,4 % en 1967.

Vu que le nombre des défauts est resté pratiquement constant entre 1973 et 1979, mais que la longueur des câbles a augmenté d'environ 17 % pendant la même période, on constate que la fréquence des défauts (défauts par 100 km de câble) a fortement diminué. Si l'on avait eu la même fréquence de défauts qu'en 1973 (soit 8,26 par 100 km), 1200 défauts de plus environ seraient apparus en 1979.

4 Causes des dérangements de câbles

Le tableau II, la figure 1 ainsi que les explications qui suivent renseignent de manière plus détaillée sur les causes de dérangements de câbles.

41 Endommagements mécaniques

Le plus grand nombre d'endommagements mécaniques a été enregistré en 1973 avec 3224 défauts, cependant qu'en 1979 on annonçait encore 2274 défauts faisant partie de ce groupe. Leur fréquence a donc été ramenée pour la première fois depuis 20 ans au-dessous de la valeur de 2,5 défauts par 100 km (fig. 2). Les raisons de ce fléchissement sont

- diminution de l'activité dans le secteur de la construction
- campagne entreprise en 1974 (PTT, CNA, SSIGE, CDA, UCS) pour prévenir les endommagements à des installations de câbles et de conduites posées en souterrain

42 Dommages dus à la corrosion et à l'électrolyse

Dans la statistique des défauts de câbles de 1957 à 1966, publiée en 1969 [1], on exprimait l'espoir que les nouvelles mesures de protection contre la corrosion in-

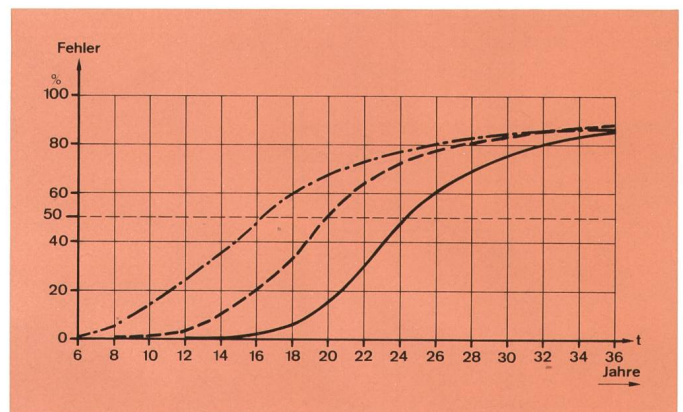


Fig. 3
 Fehler, verursacht durch Bleimantelkorrosion an Kabelanlagen mit bekanntem Baujahr, bezogen auf deren Betriebsdauer (Auswirkungen des 1962 eingeführten Vögtli-Schutzes) 1967 (---), 1973 (- - -) und 1979 (—) — Défauts provoqués par la corrosion des gaines de plomb à des installations de câbles dont l'année de construction est connue, par rapport à la durée d'exploitation (effet de la protection «Vögtli» introduite en 1962) 1967 (---), 1973 (- - -) et 1979 (—)
 Es entsprechen 100 % 1967 818 Fehler, 1973 1424 Fehler und 1979 2301 Fehler — 100 % correspondent en 1967 à 818 défauts, en 1973 à 1424 défauts et en 1979 à 2301 défauts

gerade zwei Korrosionsfälle an so geschützten Kabeln bekannt geworden sind.

In einem Fall konnte die Korrosionsursache nicht eindeutig abgeklärt werden. Die eigentliche Fehlerstelle befand sich mutmasslich beim Übergang zur Muffe, wo der blanke Bleimantel ungeschützt war. Auf den anschliessenden 10 m Kabel fand man dann unter dem verschweissten Polycelluxband mehrere Korrosionsangriffe. Da der Aufbau der Korrosionsschutzhülle zwischen der angegriffenen und der unversehrten Kabellänge keine Abweichungen aufwies, muss die Feuchtigkeit von der Seite des blanken Kabels her eingedrungen sein.

Interessanterweise wies aber ein im gleichen Kabelkanal verlegtes Kabel mit schlechterem Korrosionsschutz (Bauart 1960...1962; zwei nicht verschweisste Celluxbänder) keine Korrosionsangriffe auf.

Im anderen Fall zeigte es sich, dass das Kabel infolge eines Fabrikationsfehlers auf einer Länge von 4 m kein verschweisstes Polycelluxband besass und deshalb korrodieren konnte. Auf dem anschliessenden Abschnitt, wo das Polycelluxband ordnungsgemäss aufgebracht war, fanden sich keine Korrosionsangriffe, obschon das Kabel dort vom gleichen aggressiven Wasser umspült wurde. Damit hat sich, gerade bei diesem Schadenfall, die vorzügliche Schutzwirkung des verschweissten Polycelluxbandes eindrücklich bestätigt.

Dank direktem Schutz der Kabel mit dem fabrikationsmässig aufgebrauchten, beidseitig mit Polyäthylen beschichteten und verschweissten Band aus Zellulosehydrat und der kathodischen Schutzwirkung der konsequent mit den Bleimuffen verbundenen feuerverzinkten Kabelkanäle konnte im Laufe der letzten Jahre eine Stabilisierung der Korrosionsfehler erreicht werden.

Ein 100%iger Korrosionsschutz für Bleimantelkabel ist jedoch auch mit diesen Massnahmen nicht zu erzielen. Nicht zuletzt deshalb werden in Zukunft vermehrt Kabel mit Kunststoffmantel, für die die Korrosionsgefahr gebannt ist, verlegt werden.

43 Montierungsfehler

Der Anteil von Montierungsfehlern an der gesamten Fehlerzahl beträgt etwa 11,5 % oder etwa 0,8 Fehler/100 km Kabelanlagen. Diese Werte wie auch die Anzahl Fehler je Monteur geben jedoch keinen Massstab über die Güte der geleisteten Arbeit.

Es wurden deshalb die Montierungsfehler mit den ausgelegten Aderpaarkilometern (Pkm) in Bezug gebracht. Aus *Figur 4* ist ersichtlich, dass die Kurven der Montierungsfehler und der ausgelegten Aderpaarkilometer einigermaßen gleiche Tendenzen aufweisen. Da nur ein Teil der Montierungsfehler im Baujahr einer Anlage auftritt, sind während einer Rezessionsperiode noch Fehler aus der Zeit grossen Arbeitsanfalls zu beheben. Aus diesem Grunde sind die Fehler in den Jahren 1974 bis 1979 nicht so stark gesunken wie die Zahl der ausgelegten Aderpaarkilometer. Im Durchschnitt der ganzen Berichtsperiode war auf etwa 630 ausgelegte Aderpaarkilometer ein Montierungsfehler zu verzeichnen, was etwa einer Kabelanlage 100×2 von 6,3 km Länge entspricht. Wird in den PTT-Anlagen mit einer durchschnittlichen Kabelsektion von 200 m gerechnet,

introduites au milieu des années de 1960 (ruban de Polycellux soudé, canaux en fer zingués au feu) préviendraient efficacement la corrosion des gaines de plomb [2]. A première vue, on pourrait avoir l'impression que cette espérance ne s'est pas réalisée, puisque les dégâts dus à la corrosion ont augmenté de presque 100 % pendant la période examinée, pour s'établir à 2340 défauts. Un examen plus approfondi révèle toutefois que le nombre de dégâts dus à la corrosion a augmenté progressivement chaque année jusqu'en 1975 pour rester ensuite pratiquement constant, malgré l'accroissement de la longueur absolue du réseau des câbles à gaine de plomb.

Le bilan s'améliore encore si l'on considère l'âge des câbles au moment de l'apparition des défauts (*fig. 3*). En 1967, par exemple, 50 % des dégâts dus à la corrosion sont apparus sur des câbles qui n'avaient pas encore 16 ans, alors qu'en 1979 cette limite avait déjà atteint 24 ans.

Un examen approfondi montre clairement que l'augmentation citée des cas de corrosion est imputable aux anciens câbles, qui ne sont ni pourvus d'un ruban de Polycellux soudé, ni protégés cathodiquement par une interconnexion avec des canaux de câble zingués au feu. La qualité des enveloppes de protection contre la corrosion posées depuis 1963 est de plus prouvée par le fait que deux cas de corrosion seulement ont été signalés à des câbles protégés de cette manière.

Dans un cas, la cause de la corrosion n'a pas pu être clairement déterminée. L'emplacement du défaut semblait se trouver au point de transition entre le câble et le manchon, où la gaine de plomb nue n'était pas protégée. Sur les 10 m de câble qui suivaient, on trouva sous le ruban de Polycellux soudé plusieurs points de corrosion. Vu que la structure de l'enveloppe anticorrosion était strictement la même entre la section de câble attaquée et la section indemne, il faut admettre une infiltration d'humidité provenant du câble nu.

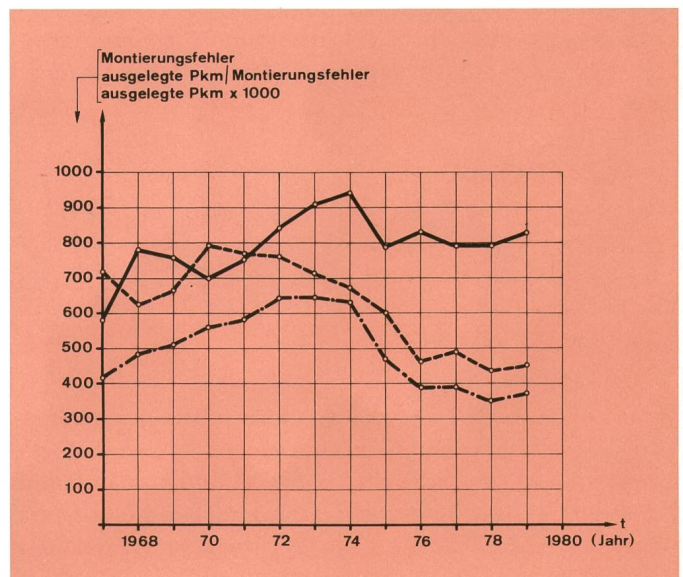


Fig. 4
Verhältnis ausgelegte Paarkilometer zu Montierungsfehlern — Quota paires-km posées/erreurs de montage
Jahr — Année
— Montierungsfehler — Erreurs de montage
--- Ausgelegte Pkm/Montierungsfehler — Paires-kilomètres posées/erreurs de montage
- - - - - Auegelegte Pkm x 1000 — Paires-kilomètres posées x 1000

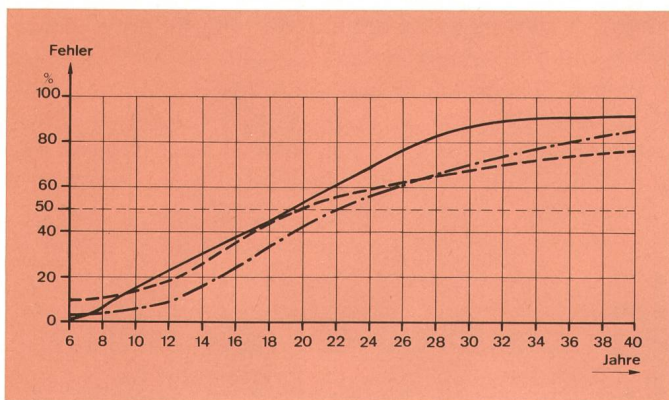


Fig. 5 Ermüdungsfehler an Kabelanlagen mit bekanntem Baujahr, bezogen auf deren Betriebsdauer; 1967 (---), 1973 (----) und 1979 (—) — Dommages dus à la fatigue dans les installations de câbles, dont l'année de construction est connue, par rapport à la durée d'exploitation; 1967 (---), 1973 (----) et 1979 (—)
Es entsprechen 100 % 1967 71 Fehler, 1973 121 Fehler und 1979 367 Fehler — 100 % correspondent en 1967 à 71 défauts, 1973 à 121 défauts et 1979 à 367 défauts

so ist auf rund 6300 ausgeführte Spleissverbindungen ein Montierungsfehler (Spleissung, Muffe, Endverschluss) zu erwarten. In Wirklichkeit dürften diese Werte jedoch etwas tiefer liegen, da unter den Rubriken andere und unbekannte Ursachen Störungen klassiert sind, die ebenfalls auf Arbeitsfehler zurückzuführen wären.

44 Ermüdungsschäden

Die Schäden durch Bruch des Kabelmantels, verursacht durch Vibrationen, sind von 1967 bis 1979 um etwa das Dreifache — auf 375 Fehler — angestiegen. Ungefähr 40 % der Ermüdungsschäden entfallen auf Kabelbrüche bei den Spleissmuffen, 23 % der Ermüdungsschäden treten in stark erschütterten Zonen auf und 18 % in Aufstiegskanälen.

Mit möglichst erschütterungsfreien Unterlagen für Muffen und soliden Kabelbefestigungen in Aufstiegskanälen liessen sich diese Schäden wesentlich reduzieren. Figur 5 zeigt, dass 50 % der Ermüdungsschäden auftreten, bevor die entsprechenden Anlagen 20 Jahre alt sind.

45 Blitzschäden

Die Zahl der Blitzschäden an Kabelanlagen stieg, wie bereits während der Berichtsperiode 1957...1966 [1], vorerst weiter an. Die jährliche Zunahme wies jedoch eine allmählich abnehmende Tendenz auf und ist seit 1976 praktisch null (Fig. 6).

Während der letzten Jahre wurden für den Telefonverkehr in den Alpen grosse Gebiete statt mit Freileitungen mit Kabeln erschlossen. Ausserdem nahm die Länge des gesamten Kabelnetzes erneut zu. Trotzdem stagniert die Zahl Blitzfehler je 100 km verlegte Erdkabel seit etwa 1967 und nimmt seit 1971 einen allgemein sinkenden Verlauf.

Der Rückgang der jährlichen Zunahme und der Stillstand der Anzahl Fehler je 100 km Kabellänge fallen zeitlich in die Schlussphase des in der Kreistelefondirektion Bellinzona zwischen 1960 und 1968 durchgeführten Grossversuchs mit der neuen Schutzkonzeption [3]. Bei diesem Versuch wurden sämtliche oberirdischen Teil-

Il est intéressant de relever qu'un câble posé dans la même canalisation, mais moins bien protégé contre la corrosion (année de construction 1960...1962; deux rubans de Polycellux non soudés) ne présentait pas d'attaques dues à la corrosion.

Dans un autre cas, il s'est révélé qu'un câble était dépourvu du ruban de Cellux soudé sur une longueur de 4 m, en raison d'un vice de fabrication, ce qui avait conduit à une corrosion. Sur la section suivante, où le ruban de Polycellux était posé correctement, aucune corrosion ne s'était manifestée, bien que le câble ait été en contact à cet endroit avec les mêmes eaux chimiquement agressives. Ce cas confirme de manière particulièrement claire l'excellent effet protecteur du ruban de Polycellux soudé.

La protection directe des câbles par la pose en fabrique d'un ruban d'hydrate de cellulose revêtu des deux côtés de polyéthylène posé par soudage, ainsi que de l'effet de protection cathodique des canaux de câble zingués au feu reliés systématiquement avec les manchons de plomb, a permis de stabiliser au cours des dernières années le nombre des défauts dus à la corrosion.

Toutefois, même ces mesures ne permettent pas de protéger intégralement les câbles à gaine de plomb contre la corrosion. C'est pourquoi on posera plus souvent à l'avenir des câbles à gaine en matière synthétique, pour lesquels le danger de corrosion est banni.

43 Erreurs de montage

La part des erreurs de montage par rapport au nombre global des défauts s'élève à environ 11,5 % ou à 0,8 erreur pour 100 km de câble. Ces valeurs, ainsi que le nombre d'erreurs par monteur, ne sont toutefois pas un étalon de la qualité du travail fourni.

Pour cette raison, on a établi une relation entre les erreurs de montage et les paires de conducteurs — km posées. La figure 4 montre que la courbe des erreurs de montage et celle des paires de conducteurs — km posées dénotent à peu près la même tendance. Vu qu'une partie seulement des erreurs de montage apparaissent au cours de l'année de construction d'une installation, on doit encore supprimer en période de récession des erreurs provenant d'une époque d'activité particulièrement intense. C'est la raison pour laquelle les défauts n'ont pas fléchi aussi fortement durant les années de 1974 à 1979 que le nombre des paires de conducteurs — km. En moyenne, on a signalé une erreur de montage pour environ 630 paires de conducteurs — km posées, pour toute la période considérée, ce qui correspond à peu près à une installation de câble de 100×2 de 6,3 km de longueur. Compte tenu de la longueur moyenne de 200 m pour les sections de câble, on peut donc s'attendre à une erreur de montage sur environ 6300 connexions par épissure (épissure, manchon, tête de câble). En réalité, ces valeurs pourraient toutefois être un peu moins élevées, vu qu'on a classé sous les rubriques «autres causes» et «causes inconnues» des dérangements également imputables à des erreurs de travail.

44 Dommages dus à la fatigue

De 1967 à 1979, on a observé environ trois fois plus de dommages par rupture de la gaine des câbles, causée

nehmeranschlüsse ortsnetzweise auf das neue Schutzprinzip, mit Edelgas-Überspannungsableitern an beiden Enden der Freileitung, umgestellt. Dabei wird der Überspannungsableiter Seite Kabel dort aufgeschaltet, wo die Spannung klein gehalten werden muss, also zwischen jeder einzelnen Ader und dem Bleimantel.

Da bisher über die Hälfte aller Blitzstörungen im Gebiet der Kreistelefondirektion Bellinzona auftrat (1960...1963, 52,78 %), musste sich das positive Ergebnis des Versuchs auch auf die gesamtschweizerischen Zahlen auswirken.

Wenn die Zahl der Blitzschäden auf 100 km Kabel von 1972 an eine rückläufige Tendenz aufweist und die absolute Fehlerzahl seit 1976 praktisch stationär blieb, so ist dies die spürbare Auswirkung der auf den 1. Januar 1970 angeordneten allgemeinen Einführung des neuen Schutzkonzeptes. Seither sind sämtliche neuen oberirdischen Leitungen mit Überspannungsableitern ausgerüstet und die bestehenden Anlagen systematisch auf die neue Schutztechnik umgestellt worden. Abgesehen von einigen Ortsnetzen in Stadtnähe oder in nicht stark blitzgefährdeten Gebieten sind heute diese Umbauarbeiten abgeschlossen.

Nicht zuletzt haben auch die teilweise verbesserten direkten Schutzmassnahmen an den Kabeln wesentlich zur erfreulichen Entwicklung beigetragen. So werden Kabel in besonders blitzgefährdeten Gegenden vermehrt mit elektrisch durchverbundenen Kabelkanälen geschützt, oder es werden Kabel verlegt, deren Armierung eine erhöhte Blitzfestigkeit aufweist [4].

Seit etwa 1973 wird nun die elektrisch leitende Verbindung zwischen den einzelnen Kabelkanalstäben statt mit den seitlich angelöteten Kupferdrähten mit einem in der Kanalmitte aufgelöteten Kupferband erstellt. Damit verringert sich die für den Schutz massgebende Kopplungsimpedanz um das Fünf- bis Achtzehnfache.

Dank der Verwendung von Aluminium anstelle von Blei für den Kabelmantel ist es 1977 gelungen, ein Spe-

par des vibrations, soit 375 défauts. Environ 40 % des dommages dus à la fatigue portent sur des ruptures de câble au niveau des manchons d'épissure, 23 % de cette catégorie de dommages apparaissent dans des zones exposées à de fortes trépidations et 18 % dans des canaux d'ascension.

En choisissant des appuis résistant bien aux trépidations pour les manchons et des fixations solides pour les câbles dans les canalisations d'ascension, il a été possible de réduire fortement le nombre des dommages. La figure 5 montre que 50 % des dommages dus à la fatigue se produisent avant que l'installation ait atteint l'âge de 20 ans.

45 Dégâts provoqués par la foudre

Comme on l'a déjà observé dans le rapport 1957...1966 [1], le nombre des dégâts dus à la foudre a tout d'abord continué à augmenter. L'accroissement annuel a toutefois progressivement fléchi et il est resté pratiquement nul depuis 1976 (fig. 6).

Au cours des dernières années, de vastes régions alpêtres ont été ouvertes au trafic téléphonique par la pose de câbles au lieu de lignes aériennes. En outre, la longueur globale du réseau des câbles a encore augmenté. Malgré cela, le nombre des dégâts provoqués par la foudre par 100 km de câbles posés en souterrain stagne depuis 1967 environ et on dénote un recul de ces cas depuis 1971.

Le fléchissement de l'augmentation annuelle et la stagnation quant au nombre des défauts par 100 km de câbles coïncident avec la phase finale de l'essai de grande envergure concernant la nouvelle conception de protection [3] réalisée à la Direction d'arrondissement des téléphones de Bellinzona entre 1960 et 1968. Cet essai consistait à appliquer par étapes successives le nouveau principe de protection à tous les raccordements d'abonnés aériens dans tous les réseaux locaux, c'est-à-dire d'équiper les deux extrémités de la ligne aérienne de parasurtensions à gaz rare. Dans cette méthode, le parasurtension est connecté, côté câble, à l'endroit où la tension doit être maintenue faible, c'est-à-dire entre chacun des conducteurs et la gaine de plomb.

Vu que, jusqu'ici, la moitié des dérangements dus à la foudre se concentrait sur l'arrondissement des téléphones de Bellinzona (1960...1963, 52,78 %), le résultat positif de cette campagne devait aussi se répercuter sur les chiffres s'appliquant à toute la Suisse.

La tendance régressive du nombre des dommages dus à la foudre par 100 km de câbles, observée depuis 1972, et la quasi-stagnation du nombre absolu des dommages depuis 1976 sont sans aucun doute les répercussions tangibles de l'introduction généralisée depuis le 1^{er} janvier 1970 de la nouvelle conception de protection. Toutes les lignes aériennes posées depuis lors ont été équipées de parasurtensions et les installations existantes ont été systématiquement adaptées à la nouvelle technique de protection. Mis à part certains réseaux locaux de la périphérie urbaine ou de régions plus exposées à la foudre, ces travaux d'adaptation sont aujourd'hui achevés.

Cette évolution réjouissante est donc aussi due aux mesures de protection directes appliquées aux câbles,

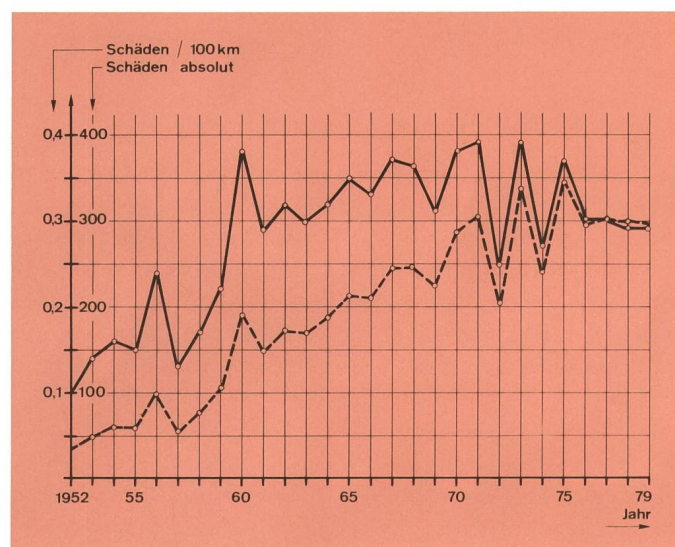


Fig. 6
Blitzschäden — Dégâts dus à la foudre
Schäden/100 km — Dégâts/100 km
Schäden absolut — Nombre absolu des dégâts
Jahr — Année
— Blitzschäden je 100 km Kabel — Dégâts dus à la foudre par 100 km de câble
--- Blitzschäden absolut — Nombre absolu de dégâts dus à la foudre

zialkabel mit erhöhter Blitzfestigkeit zu schaffen, das ohne den sonst nötigen zusätzlichen Kupfer- oder Aluminiumquerschnitt auskommt. Dieses Kabel mit unter dem Aluminiummantel aufgebrachter Schutzarmatur ist nicht nur billiger und wesentlich leichter als die bisher gebräuchlichen Ausführungen, es besitzt zudem eine niedrigere Kopplungsimpedanz.

5 Auswirkungen der Kabelfehler auf den Betrieb

Von den 1979 gemeldeten 7036 Fehlern hatten 3806 (54 %) keinen oder einen nur unbedeutenden Einfluss auf den Betrieb. 1088 Fehler (16 %) führten zu einem teilweisen und 2142 Fehler (30 %) zu einem vollständigen Betriebsunterbruch im betroffenen Kabel. Für die Fern- und Bezirkskabel allein ergibt sich folgendes Bild: Bei 44 Fehlern (14 %) wurden die Kabel teilweise, bei 60 Fehlern (19 %) vollständig unterbrochen. 209 der insgesamt 313 Fehler an Fern- und Bezirkskabeln hatten keinen negativen Einfluss auf den Betrieb. Berücksichtigt man, dass in diesen Netzen die Zentralen in vielen Fällen mit mehr als einem Kabel unter sich verbunden sind, so darf angenommen werden, dass Kabelstörungen im Fern- und Bezirksnetz nur in verhältnismässig wenigen Fällen einen vollständigen Verkehrszusammenbruch zur Folge haben.

6 Dauer des Betriebsunterbruchs

In einem beschädigten Kabel dauert die durchschnittliche Unterbruchszeit etwa 11 Stunden. Mit kurzen Unterbrüchen von durchschnittlich sechs Stunden können Teilnehmer kleinerer Kreisdirectionen im Mittelland rechnen. Bei einem Kabelunterbruch in Alpenregionen liegt die mittlere Unterbruchszeit bei ungefähr 25 Stunden (Fig. 7).

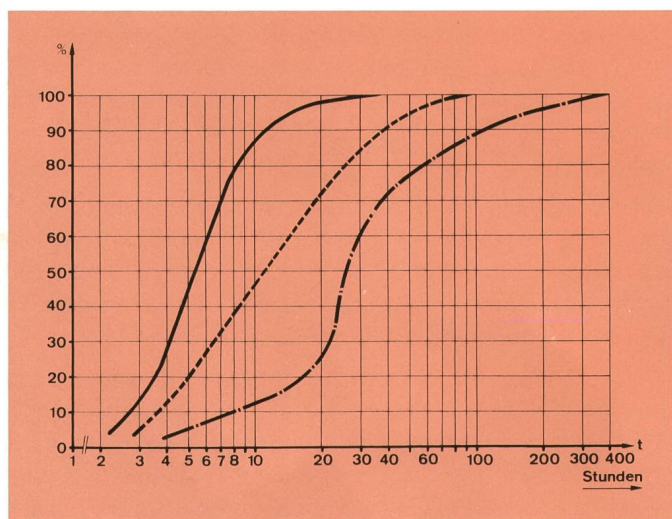


Fig. 7
Dauer des Betriebsunterbruchs (Fehler mit vollständigem Betriebsunterbruch) — Durée de l'interruption de l'exploitation (défaits avec interruption totale de l'exploitation)
Stunden — Heures

- Kreistelefondirection mit Kabelanlagen grösstenteils im Mittelland — Direction d'arrondissement des téléphones dont les câbles empruntent en majeure partie du Plateau
- - - Mittel ganze Schweiz — Moyenne pour l'ensemble de la Suisse
- · - · - Kreistelefondirection mit Kabelanlagen grösstenteils in den Alpen — Direction d'arrondissement des téléphones dont les câbles se situent en majeure partie dans les Alpes

qui ont été en partie améliorées. C'est ainsi que, dans les régions particulièrement exposées à la foudre, on pose plus souvent des câbles protégés par des canaux électriquement reliés, ou encore des câbles dont l'armure présente une résistance plus élevée à la foudre [4].

Depuis 1973 environ, la connexion électrique conductrice entre les diverses parties de canalisation de câbles ne se fait plus par soudage latéral d'un fil de cuivre, mais par un ruban de cuivre soudé au milieu du canal. Cette méthode diminue d'un facteur de 5 à 18 l'impédance de couplage déterminante pour la protection.

En remplaçant les gaines de plomb des câbles par des gaines d'aluminium, on est parvenu, en 1977, à réaliser un câble spécial avec une protection accrue contre la foudre, sans qu'il soit nécessaire de prévoir, comme jusqu'ici, une plus forte section des conducteurs de cuivre ou d'aluminium. Ce câble, pourvu d'une armature de protection placée au-dessous de la gaine d'aluminium est non seulement meilleur marché et beaucoup plus léger que les modèles précédents, mais il possède aussi une impédance de couplage plus faible.

5 Répercussions des défauts de câbles sur l'exploitation

Parmi les 7036 défauts annoncés en 1979, 3806 (54 %) n'ont eu aucune influence ou une influence insignifiante sur l'exploitation. 1088 défauts (16 %) ont conduit à une interruption partielle du service sur le câble considéré et 2142 défauts (30 %) à une interruption totale. Pour ce qui est des câbles interurbains et ruraux, la situation est la suivante: 44 défauts (14 %) ont conduit à des interruptions partielles et 60 défauts (19 %) à des interruptions totales. Parmi les 313 défauts au total sur les câbles interurbains et ruraux, 209 n'ont eu aucune influence négative sur le service. Si l'on considère que, dans ces réseaux, les centraux ne sont souvent interconnectés que par un seul câble, on peut admettre que les dérangements de câbles dans le réseau interurbain et rural n'ont conduit que dans relativement peu de cas à une défaillance totale du trafic.

6 Durée de l'interruption de service

Dans un câble endommagé, la durée d'interruption s'élève à 11 heures en moyenne. Dans les petites directions d'arrondissement du Plateau, les abonnés peuvent s'attendre à des interruptions plus courtes, d'une durée moyenne de six heures. En revanche, dans les régions alpestres, une interruption de câbles conduit à une durée moyenne de coupure des circuits d'environ 25 heures (fig. 7).

7 Nombre de conducteurs des câbles défectueux

En 1979, environ 92 % (1932) des câbles d'abonnés ayant présenté une interruption de service totale étaient des câbles à 40 paires de conducteurs ou moins (fig. 8). A lui seul, le type 2 x 2 a fait l'objet de 629 avis d'interruption. Ces coupures aux câbles à deux paires de conducteurs ont cependant affecté deux fois moins d'abonnés que dans le cas des quatre câbles à 600 x 2, entièrement interrompus au cours de la même année.

7 Aderzahlen der gestörten Kabel

Bei den von einem vollständigen Betriebsunterbruch betroffenen Teilnehmerkabeln waren 1979 etwa 92 % (1932) der Kabel solche mit 40 oder weniger Aderpaaren (Fig. 8). Allein vom Typ 2×2 wurden 629 als unterbrochen gemeldet. Von diesen Störungen an Kabeln mit zwei Aderpaaren wurden aber nur halb so viele Teilnehmer wie bei den vier Kabeln 600 × 2 betroffen, die im gleichen Jahr vollständig unterbrochen worden waren.

Bei nur teilweise unterbrochenen Kabeln betrug der Anteil der Kabel mit 40 und weniger Aderpaaren etwa 80 % (835 Kabel). Bei jenen mit mehr als 40 Aderpaaren wurden 207 als teilweise und 147 als vollständig unterbrochen gemeldet.

8 Kosten und Arbeitsstunden für das Beheben der Kabelfehler (Tab. III)

Kabelfehler haben nicht nur Nachteile für den Betrieb, sie wirken sich auch auf die Finanzen nachteilig aus. Im

Tabelle III. Kosten und Arbeitsstunden für das Eingrenzen und Beheben der Kabelfehler (Durchschnitt der Jahre 1976...1979)

Tableau III. Coûts et heures de travail pour la localisation et la suppression des défauts de câbles (moyenne des années 1976...1979)

Kabel- oder Fehlergruppe — Groupe de câbles ou groupe de défauts	Kosten in Franken — Coûts en francs	Zeit in Stunden — Temps en heures
Fern-, Bezirks- und Teilnehmerkabel — Câbles interurbains, ruraux et d'abonnés	10 500 000	230 000
Fern- und Bezirkskabel — Câbles interurbains et ruraux	1 100 000	28 000
Mechanische Beschädigungen — Endommagements mécaniques	3 300 000	78 000
Korrosionsfehler — Défauts dus à la corrosion	4 800 000	90 000
Montierungsfehler — Erreurs de montage	680 000	20 000
Durchschnitt je Fehler — Moyenne par défaut	1 500	33

Durchschnitt mussten in den Jahren 1976 bis 1979 für das Eingrenzen und Beheben der Fehler rund 10,5 Mio Franken jährlich aufgewendet werden.

Von den etwa 3,3 Mio Franken, die zur Behebung der mechanischen Beschädigungen notwendig waren, wird allerdings ein bedeutender Teil durch die Versicherungen der Schadenverursacher zurückvergütet. Dass für die Behebung der Korrosionsfehler nicht ein noch höherer Betrag aufgewendet werden musste, ist auf die 1963 eingeführten Korrosionsschutzmassnahmen («Vögtli-schutz», feuerverzinkte Kabelkanäle) zurückzuführen. Für die Fehlerbehebung werden jährlich an die 230 000 Arbeitsstunden aufgewendet. Bei den Bauabteilungen der Kreisdirektionen sind demnach etwa 110 Mitarbeiter ausschliesslich mit dem Beheben von Kabelfehlern beschäftigt. Für eine Fehlerbehebung muss im Durchschnitt mit 33 Arbeitsstunden und Kosten von 1500 Franken gerechnet werden.

9 Schlussbemerkungen

Durch Kabelschäden wird der Verkehr häufig erschwert oder unterbrochen. Störungen verursachen den PTT-Betrieben nicht nur hohe Kosten, Umtriebe und Ausfälle von Gesprächseinnahmen, in vielen Fällen sind die Benutzer der Fernmeldeeinrichtungen über die PTT

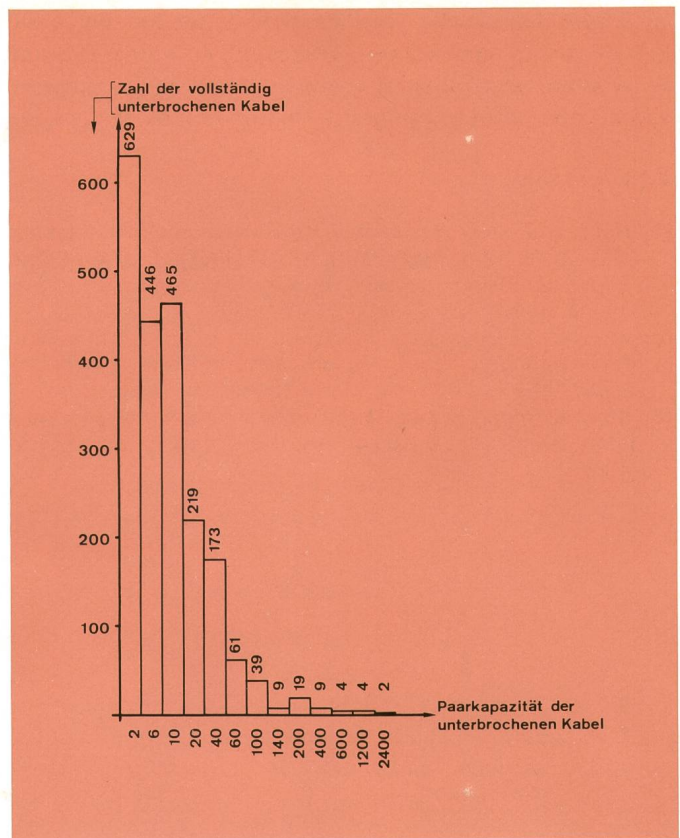


Fig. 8 Aderzahlen der vollständig unterbrochenen Teilnehmerkabel — Nombre de conducteurs des câbles d'abonnés totalement interrompus
Zahl der vollständig unterbrochenen Kabel — Nombre des câbles totalement interrompus
Paarkapazität der unterbrochenen Kabel — Capacité en paires des câbles interrompus

Parmi les câbles partiellement interrompus, la proportion des câbles à 40 paires de conducteurs ou moins s'est élevée à environ 80 % (835 câbles). On a signalé 207 interruptions partielles et 147 interruptions totales pour les câbles présentant plus de 40 paires de conducteurs.

8 Coûts et heures de travail pour la suppression des défauts de câbles (tab. III)

Les défauts de câbles ne se répercutent pas seulement défavorablement sur l'exploitation, mais aussi sur les frais. Les coûts moyens annuels qu'ont entraînés de 1976 à 1979 la localisation et la suppression des défauts se sont élevés à quelque 10,5 millions de francs.

Des 3,3 millions en chiffres ronds qu'a coûté la suppression des endommagements mécaniques, une part importante est remboursée aux PTT par les assurances des fautifs. S'il n'est pas nécessaire de consacrer une somme plus élevée à la suppression des dégâts dus à la corrosion, le mérite en revient à la méthode de protection anticorrosion introduite en 1963 (protection «Vögtli», canaux de câbles zingués au feu). Les heures de travail nécessaires à la suppression des dérangements s'élèvent chaque année à près de 230 000. Dans les divisions de construction des Directions d'arrondissement des téléphones, près de 110 collaborateurs sont continuellement occupés à supprimer des défauts de câbles. Cette activité exige en moyenne 33 heures de travail et coûte 1500 francs.

verärgerter. Langfristig wird es sich daher lohnen, beim Bau neuer Anlagen sichere Trassees und gutes Material zu wählen, also allenfalls etwas mehr zu investieren, wenn sich dadurch weniger Kabelfehler erwarten lassen.

Bibliographie

- [1] *Hadorn E. und Hainfeld R.* Aus der Kabelfehlerstatistik 1957...1966. Bern, Techn. Mitt. PTT 47 (1969) 11, S. 456...474.
- [2] *Vögtli K.* Bleimantelkabel, Bleikorrosion und Korrosionsschutz. Bern, Techn. Mitt. PTT 48 (1970) 1, S. 25...33.
- [3] *Meister H.* Überspannungsschutz an oberirdischen Fernmeldeleitungen. Bern, Techn. Mitt. PTT 47 (1969) 10, S. 433...465.
- [4] *Meister H. und Utz W.* Verhalten von Kabeln mit geschichtetem Aufbau bei Stossströmen. Bern, Techn. Mitt. PTT 47 (1969) 1, S. 30...37.

9 Conclusions

Les défauts de câbles entravent ou interrompent souvent le trafic. Pour les PTT, cela n'entraîne pas seulement des frais élevés, de nombreuses heures de travail et la perte de taxes de conversation, mais aussi maintes réclamations de la part d'usagers contrariés par le non-fonctionnement de leur installation. A longue échéance, il vaut donc la peine de choisir des tracés sûrs et du matériel de première qualité lors de la construction de nouvelles installations, c'est-à-dire d'investir éventuellement un peu plus, s'il en résulte une diminution des défauts de câbles.

Die nächste Nummer bringt unter anderem

Vous pourrez lire dans le prochain numéro

3/81

Die nächste Ausgabe der «Technischen Mitteilungen PTT» ist dem System «Telefonrationalisierung mit Computer» (Terco) und seiner Anwendung in der ersten Verwirklichungsphase gewidmet.

La prochaine édition du «Bulletin technique PTT» sera consacrée au système de «Rationalisation du service téléphonique à l'aide d'ordinateurs» (Terco) et à son utilisation dans la première phase de réalisation.
