

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: 47 (1969)

Heft: 11

Artikel: Aus der Kabelfehlerstatistik 1957-1966 = Statistique des défauts de câbles de 1957 à 1966

Autor: Hadorn, Ernst / Hainfeld, Rolf

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874098>

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: 30.04.2026

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

Aus der Kabelfehlerstatistik 1957–1966

Statistique des défauts de câbles de 1957 à 1966

Ernst HADORN und Rolf HAINFELD, Bern

621.315.2.004.6

Zusammenfassung. Seit 1927 wird von den schweizerischen PTT-Betrieben eine Statistik der Kabelfehler geführt. In verschiedenen Artikeln ist in den Technischen Mitteilungen darüber berichtet worden [1...4]. Im letzten Bericht «Dreissig Jahre Kabelfehlerstatistik» wurden die Fehler aus den Jahren 1927–1956 behandelt [4]. Heute soll in erster Linie das von 1957–1966 gesammelte Zahlenmaterial diskutiert werden, wobei wir uns auf die Darstellung interessanter Zusammenhänge beschränken.

Résumé. Depuis 1927, l'entreprise des PTT suisses tient une statistique des défauts de câbles et le Bulletin Technique a déjà publié plusieurs articles à ce sujet [1...4]. Dans le dernier rapport «Trente ans de statistique des défauts de câbles», il était question des défauts qui se sont produits de 1927 à 1956 [4]. Le présent article est spécialement consacré aux chiffres recueillis de 1957 à 1966 et la discussion porte sur les considérations les plus intéressantes.

Dalla statistica dei difetti dei cavi 1957-1966

Riassunto. Dal 1927 l'Azienda svizzera delle PTT allestisce una statistica dei difetti dei cavi. In diversi articoli sono stati pubblicati nel Bollettino tecnico resoconti a questo proposito [1...4]. L'ultimo rapporto «Trent'anni di statistica dei difetti dei cavi» commentava i guasti degli anni 1927–1956 [4]. Oggi discuteremo anzitutto la documentazione che s'è ammassata dal 1957 al 1966, limitandoci però ad illustrare i nessi più interessanti.

1. Allgemeines

Die Zahl der gemeldeten Fehler hat von 1935 im Jahre 1957 auf 4957 im Jahre 1966 zugenommen. Durchschnittlich stiegen die Fehlerzahlen 1947–1956 pro Jahr um 18%, 1957–1962 um 15% und 1962–1966 noch um 6%.

1.1 Fehlerhäufigkeit

Die jährliche Fehlerzahl sagt allein wenig aus. Die Fehlerhäufigkeit, das heisst die Zahl der Fehler je Jahr und 100 km Kabel berücksichtigt demgegenüber die Anlagegrösse. Sie ist deshalb für die meisten Fehlerarten eine sinnvollere Beziehung. Da die Kabellänge in den Jahren 1957 bis 1966 mit nur etwa 4,5% je Jahr bedeutend weniger stark gestiegen ist als die Fehlerzahl, ergibt sich eine *beachtliche Zunahme der Fehlerhäufigkeit*. Noch 1940 waren nur 1,0 Fehler auf 100 km Kabel gemeldet worden. Bis 1962 stieg die Fehlerhäufigkeit recht regelmässig um rund 10% im Jahr auf 7,0 Fehler/100 km. Seither betrug die jährliche Zunahme glücklicherweise nur noch etwa 2%. 1966 wurden in der Folge 7,5 Fehler auf 100 km registriert.

Das starke Ansteigen der Fehlerhäufigkeit ist alarmierend und darf nicht übersehen werden. Auf Grund der aus der Summe aller Fehler errechneten Fehlerhäufigkeit aber bereits Massnahmen zur Reduktion der Kabelfehler zu diskutieren wäre verfrüht. Die Entwicklung in den einzelnen Fehlerarten ist, wie noch gezeigt wird, recht unterschiedlich.

Das Verhältnis von Fehlerhäufigkeit in Fern- und Bezirkskabeln zu Fehlerhäufigkeit in Teilnehmerkabelanlagen war von 1958 bis 1966 regelmässig etwa 1:3. So lagen 1966 die Werte für Fern- und Bezirkskabel bei 2,8 Fehlern/100 km Kabel, für Teilnehmerkabel bei 8,9. Der Unterschied lässt sich begründen: Die Trassees der Fern- und Bezirkskabel werden sorgfältig ausgesucht; Baugebiete und andere Gefahrenzonen werden weitgehend umgangen. Auch wird in der Regel für den Schutz der Fern- und Bezirkskabel mehr aufgewendet als für jenen der Teilnehmerkabel, die zudem notgedrungen in die Baugebiete hinein – zu den Abonnen-

1. Généralités

Le nombre des défauts annoncés a passé de 1935 en 1957 à 4957 en 1966, ce qui correspond à une augmentation annuelle moyenne de 18% de 1947 à 1956, de 15% de 1957 à 1962 et encore de 6% de 1962 à 1966.

1.1 Fréquence des défauts

Si le nombre annuel de défauts signifie peu de chose en lui-même, en revanche leur fréquence, c'est-à-dire leur nombre par année et par 100 km de câble, est fonction de la grandeur de l'installation et est ainsi une mesure plus appropriée pour la plupart des genres de défauts. Etant donné que, de 1957 à 1966, la longueur des câbles n'a augmenté que de 4,5% environ par an, ce qui est nettement inférieur à l'accroissement du nombre des défauts, il s'en suit une *progression appréciable de la fréquence des défauts*. Alors que 1,0 défaut sur 100 km de câble avait encore été annoncé en 1940, la fréquence s'accrût jusqu'en 1962 régulièrement de 10% par année pour atteindre 7,0 défauts/100 km. Depuis lors, l'augmentation annuelle n'est heureusement plus que de 2% environ et, en 1966, on enregistra 7,5 défauts par 100 km.

La forte progression de la fréquence des défauts est alarmante et ne doit pas être négligée. Mais, d'après la fréquence tirée de la somme de tous les défauts, il serait prématuré de discuter déjà des mesures à prendre en vue de réduire leur nombre; de plus, il sera encore démontré que les différents genres de défauts évoluent très diversement.

De 1958 à 1966, le rapport entre la fréquence des défauts de câbles interurbains et ruraux et celle des défauts de câbles d'abonnés était régulièrement d'environ 1:3. En 1966, les valeurs étaient de 2,8 défauts/100 km pour les câbles interurbains et ruraux et de 8,9 pour les câbles d'abonnés. Pour justifier cette différence, il suffit de penser qu'on choisit minutieusement les tracés des câbles interurbains et ruraux, qu'on évite autant que possible les zones de

ten – geführt werden müssen. Im Teilnehmernetz liegen auch die vielen kleinen Kabel, die durch mechanische Beschädigungen und durch Korrosionsangriffe ganz besonders gefährdet sind.

1.2 Fehler nach Anlageteilen

In bezug auf Störungsanfälligkeit unterscheiden wir in den Kabelanlagen drei Abschnitte:

- die Kabel selbst
- die Spleissstellen
- die Kabelabschlüsse,

wobei die Pupinmuffen, Pupinkasten und die Kondensator-muffen zu den Kabelabschlüssen gezählt werden. Von 1957 bis 1966 registrierten wir (Tabelle 1):

Tabelle I.

	Fehler 1966	Anteil 1966	Variation der Anteile 1957–1966
an Kabeln	4098	82%	82...89%
in Spleissungen	440	9%	6... 9%
in Kabelabschlüssen	385	8%	6... 8%

Wohl ist der Anteil der Fehler in Spleissungen und Kabelabschlüssen mit zusammen zwischen 12 und 17% nicht sehr gross. Diese Fehler liegen aber in unserem direkten Einflussbereich, handelt es sich hier doch zur Hauptsache um Montage- oder Konstruktionsfehler. Bei den Fehlern an Kabeln – vor allem mechanische Beschädigungen und Korrosionen – sind direkte Gegenmassnahmen schwieriger zu treffen. Wirksame konstruktive Verbesserungen an Kabelkanälen oder am Kabel selbst haben sofort sehr grosse finanzielle Aufwendungen zur Folge.

1.3 Was kosten uns die Kabelfehler?

Bei jedem einzelnen Fehler werden die Kosten für dessen Eingrenzung und Behebung geschätzt (Tabelle II).

Tabelle II.

Jahr	Gesamtkosten Fr.	Fehlerzahl	Kosten je Fehler Fr.	Index für Tief- bauarbeiten
1957	891 100	1935	358	880
1958	848 800	2083	300	
1959	1 000 800	2543	394	
1960	1 211 100	2947	411	
1961	1 456 500	3376	432	
1962	2 001 400	3876	517	
1963	2 722 000	4255	640	
1964	2 695 100	4466	604	
1965	3 352 000	4623	725	
1966	3 768 000	4957	760	1720

construction et autres régions dangereuses et qu'en règle générale on consacre des sommes plus importantes à la protection des câbles interurbains et ruraux qu'à celle des câbles d'abonnés qui, de surcroît, doivent forcément traverser les zones de construction pour aboutir chez les abonnés. En outre, le réseau des câbles d'abonnés comprend aussi les nombreux petits câbles qui sont tout spécialement exposés aux endommagements mécaniques et aux attaques corrosives.

1.2 Défauts classés d'après les parties d'installations

En ce qui concerne la sensibilité aux dérangements, nous répartissons les installations de câbles en trois groupes:

- les câbles eux-mêmes,
- les épissures,
- les têtes de câbles,

les manchons et les armoires Pupin ainsi que les manchons de condensateurs étant compris dans les têtes de câbles. De 1957 à 1966, nous avons enregistré (tableau I):

Tableau I

	Défauts 1966	Quota 1966	Variation des quotas 1957 - 1966
sur les câbles	4098	82%	82...89%
dans les épissures	440	8%	6... 9%
dans les têtes de câbles	385	9%	6... 8%

Il convient de relever que le quota des défauts dans les épissures et les têtes de câbles, qui varie entre 12 et 17, n'est pas très élevé. Etant donné qu'il s'agit en l'occurrence principalement de défauts de montage ou de construction, nous pouvons exercer une influence directe sur cet état de choses. En revanche, il est plus difficile de prendre des mesures directes pour lutter contre les défauts sur les câbles, surtout les dommages mécaniques et les corrosions. Des améliorations de construction efficaces des canaux de câbles ou du câble lui-même provoquent immédiatement de très lourdes charges financières.

1.3 Que nous coûtent les défauts de câbles?

Les frais de localisation et de réparation sont estimés séparément pour chaque défaut (tableau II).

La hausse nettement marquée du coût de chaque défaut est déterminée dans une large mesure par les frais de construction toujours plus élevés. Si les quelque 4 millions de francs dépensés par année représentent déjà une lourde perte pécuniaire, les ingénieurs et le personnel artisan qualifié qui doivent être affectés à la réparation des défauts de câbles pourraient par exemple mieux se consacrer à l'établissement des raccordements d'abonnés en attente.

Die eindeutig steigende Tendenz der Kosten für jeden Fehler ist weitgehend durch die steigenden Baukosten bestimmt. Annähernd 4 Millionen Franken im Jahr bedeuten nicht nur einen grossen finanziellen Verlust, für die Behebung der Kabelfehler müssen auch Ingenieure und qualifiziertes Handwerkerpersonal angestellt werden, Arbeitskräfte, die man zum Beispiel für den Anschluss wartender Abonnenten besser einsetzen könnte.

1.4 Wie werden Kabelfehler bemerkt?

Eines der Ziele unseres Mess- und Entstörungsdienstes ist das Eingrenzen und das Beheben von Kabelfehlern, bevor der Betrieb durch sie gestört wird. Alle Fern- und Bezirkskabel sowie die grossen Teilnehmerkabel werden heute mit automatischen Isolationsmessenrichtungen dauernd überwacht. Sinkt die Isolation der Messadern unter etwa 10 Megohm, so wird Alarm ausgelöst und der Fehler eingegrenzt. Teilnehmerkabelnetze werden periodisch auf ihre Isolation durchgemessen. Sind diese Massnahmen wirksam? 1958 bis 1962 stellten wir fest (Tabelle III):

Tabelle III

Fehler zuerst bemerkt durch	Alle Fehler, in %		Mechanische Beschädigungen, in %	
	FK + BK	TK	FK + BK	TK
Betriebsstörung	34,6	53,7	31,5	27,8
Automatische Isolationskontrolle	14,2	0,2	8,9	0,2
Kontrollmessungen der Bauabteilung	19,2	8,7	10,8	2,7
Kontrollmessungen der Betriebsabteilung	7,4	2,2	4,5	0,9
Direkte Meldung von der Schadenstelle	24,6	35,2	44,4	68,5

FK = Fernkabel, BK = Bezirkskabel, TK = Teilnehmerkabel

Bei den Fern- und Bezirkskabeln werden also bereits mehr als 40% aller Fehler anlässlich von Kontrollmessungen festgestellt, bei den Teilnehmerkabeln sind es etwa 11%. Beachtlich gross sind auch die Anteile der bei mechanischen Beschädigungen sofort direkt von der Baustelle gemeldeten Fehler. Wenigstens *nach* der Beschädigung scheint die Zusammenarbeit Bauunternehmer/PTT im allgemeinen gut zu sein.

Betrachtet man die Verhältnisse in den einzelnen Kreis-telephondirektionsbereichen, so stellt man beachtliche Unterschiede fest. 1965 schwankte der Anteil der zuerst durch eine Betriebsstörung bemerkten Fehler von 39 bis 73% und der Anteil der direkt von den Schadenstellen gemeldeten Fehler zwischen 15 und 44%. Dass es sich nicht um zufällige Streuungen handelt, zeigt ein Vergleich mit den Zahlen von 1966. Wenn 73% der Fehler erst bei einer Betriebsstörung bemerkt werden, so ist das ein Zustand, dem abgeholfen werden könnte. Wenn gar nur 15% der

Tableau II

Année	Frais globaux Fr.	Nombre de défauts	Coût de chaque défaut Fr.	Indice pour travaux de génie civil
1957	891 100	1935	358	880
1958	848 800	2083	300	
1959	1 000 800	2543	394	
1960	1 211 100	2947	411	
1961	1 456 500	3376	432	
1962	2 001 400	3876	517	
1963	2 722 000	4255	640	
1964	2 695 100	4466	604	
1965	3 352 000	4623	725	
1966	3 768 900	4957	760	1720

1.4 Comment les défauts de câbles sont-ils découverts?

Les services des mesures et des dérangements cherchent à localiser et réparer les défauts de câbles avant que le service soit perturbé. Actuellement, tous les câbles interurbains et ruraux ainsi que les grands câbles d'abonnés sont surveillés en permanence par des dispositifs automatiques de mesure de l'isolement. Lorsque l'isolement des conducteurs de mesure tombe au-dessous de 10 mégohms environ, l'alarme est déclenchée et le défaut localisé. Ces mesures sont-elles efficaces? De 1958 à 1962, nous avons noté (tableau III):

Tableau III

Défauts d'abord découverts à la suite de	Tous les défauts, en %			Endommagements mécaniques, en % CI + CR Cab
	CI + CS	Cab		
Dérangement d'exploitation	34,6	53,7	31,5	27,8
Contrôle d'isolement automatique	14,2	0,2	8,9	0,2
Mesures de contrôle de la division de construction	19,2	8,7	10,8	2,7
Mesures de contrôle de la division d'exploitation	7,4	2,2	4,5	0,9
Avis direct du lieu du dégât	24,6	35,2	44,4	68,5

CI = câble interurbain, CR = câble rural, Cab = câble d'abonné

Pour les câbles interurbains et ruraux, plus de 40% de tous les défauts sont donc déjà découverts lors de mesures de contrôle; pour les câbles d'abonnés il y en a environ 11%. Il vaut la peine de relever que les quotas des défauts directement annoncés à partir des chantiers lors d'endommagements mécaniques sont élevés. Il semble qu'en général la collaboration soit bonne entre les entrepreneurs et les PTT, tout au moins *après* l'endommagement.

En examinant la situation dans chacune des directions d'arrondissement, on constate des différences considérables. En 1965, le quota des défauts découverts à la suite d'un dérangement d'exploitation a varié entre 39 et 73 et celui des défauts annoncés directement à partir du lieu du

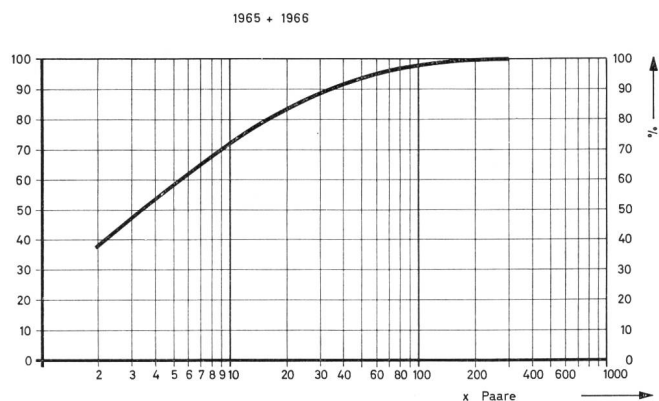


Fig. 1
Anzahl der je Fehler ausser Betrieb gesetzten Paare. Anteil der Fehler mit maximal x Paaren ausser Betrieb. (Nur Fehler mit Betriebsunterbruch)

Nombre des paires mises hors service par défaut. Quota des défauts avec x paires au maximum hors service. (Uniquement les défauts avec interruption de service)

x Paare = x paires

Beschädigungen direkt von der Baustelle gemeldet werden, so gilt es, den Kontakt zwischen den Bauunternehmern und den Fernmeldediensten zu verbessern.

1.5 Einfluss der Kabelfehler auf den Betrieb

Vorerst eine erfreuliche Tatsache: Mehr als 40% (1965: 41%, 1966: 46%) aller Kabelfehler hatten keinen Betriebsunterbruch zur Folge. Wenn Unterbrüche auftreten, so sind in 50% der Fälle weniger als 4, und in 75% der Fälle weniger als 12 Aderpaare unterbrochen. Die Zahl der Fehler mit mehr als 60 unterbrochenen Paaren ist kleiner als 3% der gesamten Fehlerzahl (Fig. 1).

Die mittlere Dauer des Betriebsunterbruchs liegt bei 20 Stunden. Je nach Kreistelephondirektion variieren diese Werte zwischen 6 und 30 Stunden. Ob man das Mittel von 20 Stunden Unterbruch als gut bezeichnen will, ist wohl eher fraglich (Fig. 2).

1.6 Allgemeines über die Fehler an Kabeln

Die Fehler an Kabeln verteilten sich in den Jahren 1957 bis 1964 auf folgende Fehlerarten (Tabelle IV):

Tabelle IV

	Durchschnittlicher Anteil
Mechanische Beschädigungen	63,4%
Korrosionen	20,7%
Blitzschäden	5,0%
Erschütterungen	3,9%
Montierungsfehler	2,9%
Fabrikationsfehler	1,1%
Starkstromschäden	0,3%
Andere und unbekannte Ursachen	2,8%

dégât entre 15 et 44. Une comparaison avec les chiffres de 1966 a révélé qu'il ne s'agissait nullement de dispersions accidentelles. On pourrait certainement éviter que 73% des défauts ne soient connus que lorsque l'exploitation est perturbée. Et si 15% seulement des endommagements sont annoncés directement par les chantiers, il importe d'améliorer les contacts entre les entrepreneurs de construction et les services des télécommunications.

1.5 Influence des défauts de câbles sur l'exploitation

Il est réjouissant de constater que plus de 40% (1965: 41%, 1966: 46%) de tous les défauts de câbles n'ont pas interrompu le service. Si des interruptions se produisent, moins de 4 paires de conducteurs sont coupées dans 50% et moins de 12 dans 75% des cas. Le nombre des défauts mettant hors service plus de 60 paires est inférieur à 3% du total (fig. 1).

La durée moyenne de l'interruption du service est approximativement de 20 heures et elle varie entre 6 et 30 heures suivant l'arrondissement des téléphones. On peut toutefois se demander si on doit qualifier de bonne la moyenne de 20 heures d'interruption (fig. 2).

1.6 Considérations générales sur les défauts de câbles

De 1957 à 1964, les défauts de câbles se sont répartis entre les catégories suivantes (tableau IV):

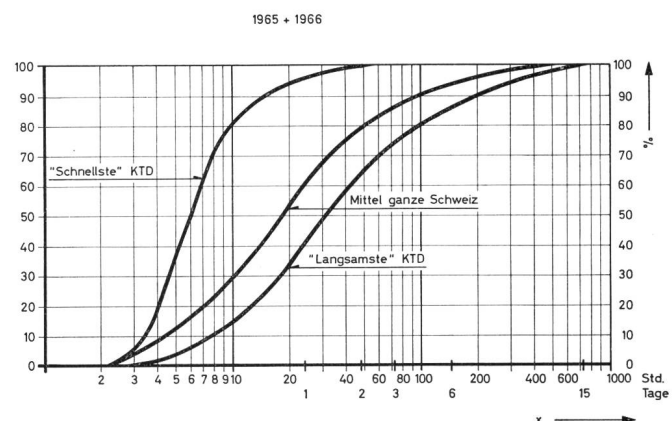


Fig. 2

Dauer des Betriebsunterbruchs. Anteil der Fehler mit maximal x Stunden Betriebsunterbruch. (Nur Fehler mit Betriebsunterbruch)
Durée de l'interruption du service. Quota des défauts avec x heures au maximum d'interruption du service. (Uniquement les défauts avec interruption du service)

«Schnellste» KTD = DAT «la plus rapide»
Mittel ganze Schweiz = Moyenne de toute la Suisse
«Langsamste» KTD = DAT «la plus lente»
Std = heures
Tage = jours

Bei den Fabrikationsfehlern ist eine abnehmende Tendenz von 1,8 auf 0,6%, bei den Erschütterungen eine solche von 5,2 auf 3,1% festzustellen. Bei den andern Fehlerarten lässt sich keine eindeutige Zu- oder Abnahme erkennen. Für die Jahre 1965 und 1966 wurden die Anteile der Fehler nach Kabelgrösse für die vier wichtigsten Fehlerarten ermittelt und mit dem Anteil der verschiedenen Kabelgrössen in einem mittleren Ortsnetz (Bümpliz, Vorort von Bern, 10 000 Teilnehmer) verglichen (Fig. 3). Auffallend ist die grosse Zahl von Fehlern an kleinen Kabeln. Bei den mechanischen Beschädigungen sind zum Beispiel 62% der Fehler an Kabeln mit maximal 20 und 84% an Kabeln mit höchstens 60 Aderpaaren aufgetreten. Bei den Korrosionen sind 84% der Fehler an Kabeln mit bis zu 20 Paaren und 97% an Kabeln mit im Maximum 60 Paaren registriert worden. Die Unterschiede je nach Fehlerart sind beachtlich. Schlussfolgerungen aus diesen Zahlen werden in den Abschnitten 2.1...2.7 über die einzelnen Fehlerarten gezogen.

1.7 Fehlerhäufigkeit bei den Kabelabschlüssen

Aus der Statistik der Jahre 1965–1967 wurde die Fehlerhäufigkeit für die wichtigsten Kabelendverschlüsse ermittelt:

- 1,39...1,42 Fehler je 100 Stammverteilkasten
- 0,16...0,18 Fehler je 100 Sicherungskasten
- 0,07...0,06 Fehler je 100 End- und Multiplexkasten

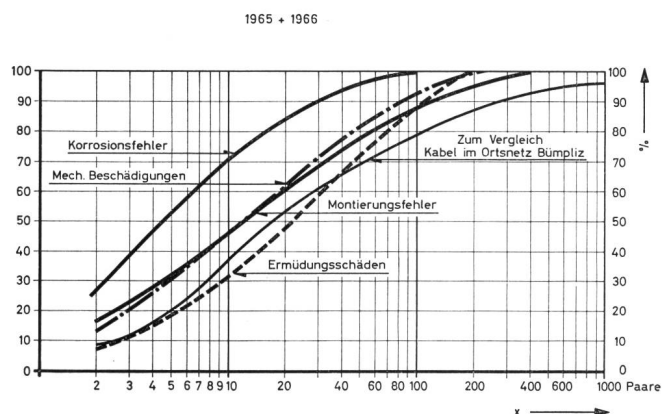


Fig. 3 Fehlerart und Kabelgrösse. Anteile der Fehler an Kabeln mit maximal x Paaren

Genre de défauts et capacité des câbles. Quota des défauts affectant des câbles à x paires au maximum

Korrosionsfehler = Corrosions
 Mech. Beschädigungen = Endommagements mécaniques
 Zum Vergleich Kabel im Ortsnetz Bümpliz = Par comparaison Câbles du réseau local de Bümpliz

Montierungsfehler = Défauts de montage
 Ermüdungsschäden = Défauts dus à la fatigue

Tableau IV

	Quota moyen
Endommagements mécaniques	63,4%
Corrosions	20,7%
Coups de foudre	5,0%
Trépidations	3,9%
Défauts de montage	2,9%
Vices de fabrication	1,1%
Dégâts provoqués par le courant fort	0,3%
Autres défauts et causes inconnues	2,8%

Si les vices de fabrication (1,8 à 0,6%) et les dégâts dus aux trépidations (5,2 à 3,1%) ont tendance à diminuer, en revanche les autres catégories de défauts ne marquent ni augmentation ni diminution manifestes des quotas. Pour 1965 et 1966, on a calculé les quotas des quatre catégories de défauts les plus importantes par grandeur de câble et on les a comparés à celui des différentes grandeurs de câbles dans un réseau local de moyenne importance (Bümpliz, faubourg de Berne, 10 000 habitants) (fig. 3). On est surpris de constater le grand nombre de défauts affectant les petits câbles. Par exemple, 62% des endommagements mécaniques se sont produits sur des câbles ayant au maximum 20 paires et 84% sur des câbles en ayant 60 au plus; en outre, 84% des cas de corrosion ont été enregistrés sur des câbles ayant jusque et y compris 20 paires et 97% sur des câbles ayant au maximum 60 paires. Les différences sont considérables selon la catégorie du défaut. Les conclusions tirées de ces chiffres figurent aux paragraphes 2.1...2.7 qui traitent des différentes catégories de défauts.

1.7 Fréquence des défauts se produisant dans les têtes de câbles

La statistique des années 1965–1967 a permis de déterminer la fréquence des défauts se produisant dans les têtes de câbles les plus importantes:

- 1,39...1,42 défaut par 100 armoires de distribution de câbles principaux
- 0,16...0,18 défaut par 100 armoires à protections
- 0,07...0,06 défaut par 100 armoires terminales et multiplex

Il s'agit presque encore exclusivement de têtes de câbles dans lesquelles les câbles de raccordement ont été introduits et épissés sur place et ensuite les chambres d'épissure traitées à la résine à couler. On introduit actuellement de nouvelles têtes de câbles et il sera intéressant d'observer l'évolution des quotas de défauts du nouveau matériel.

2. Catégories de défauts

2.1 Endommagements mécaniques

Chaque année, pour localiser et réparer les endommagements mécaniques représentant la moitié de tous les dé-

Es handelt sich noch fast durchwegs um Kabelendverschlüsse, bei denen die Anschlusskabel auf der Baustelle eingeführt, gespleisst und anschliessend die Spleisskammern mit Vergussmasse behandelt wurden. Zurzeit werden neue Endverschlusskonstruktionen eingeführt. Mit Interesse wird man deshalb die Entwicklung der Fehlerquoten des neuen Materials beobachten.

2. Fehlerarten

2.1 Mechanische Beschädigungen

Die Hälfte aller Fehler, oder 58 Prozent der Fehler an Kabeln, sind auf mechanische Beschädigungen zurückzuführen. Das bedeutet, dass jährlich für die Eingrenzung und die Behebung von Fehlern bei mechanischen Beschädigungen etwa 2 Millionen Franken aufgewendet werden müssen. Ein guter Teil dieser Kosten könnte vermieden werden.

Im schweizerischen Mittel stieg die Zahl der mechanischen Beschädigungen je 100 km Kabel von 2,0 im Jahre 1957 auf 3,7 im Jahre 1966. In diesen Zahlen kommt die gesteigerte allgemeine Bautätigkeit zum Ausdruck. Die Fehlerhäufigkeit ist jedoch in den Baugebieten der einzelnen Kreistelephondirektionen recht unterschiedlich. Dies schlechtesten Werte wies jedes Jahr die KTD A auf, wo zwischen 5,7 und 8,6 Fehler registriert wurden. Am besten liegen die Werte in der KTD C, wo zwischen 1,0 und 2,5 Fehler auftraten. Die KTD B, eine Direktion mit anfänglich sehr geringer allgemeiner Bautätigkeit, war wohl von 1957–1960 mit nur 0,4 bis 0,9 Fehlern an der Spitze, nach Einsetzen einer regeren Bautätigkeit in ihrem Bereich stieg die Fehlerzahl sofort zum Landesmittel an. Die KTD C umfasst Stadt- und Landnetze mit lebhafter Bautätigkeit. Diese KTD fällt aber durch ihre gut nachgeführten Planunterlagen und durch ihre besonders sorgfältige Wahl aller Kabeltrassees auf (Fig. 4).

Gelänge es, die Fehlerhäufigkeit in der KTD A auf den schweizerischen Mittelwert zu reduzieren, so würde dies allein in dieser KTD eine jährliche Einsparung von rund 50 000 Franken bewirken! Eine allgemeine Reduktion der Fehlerhäufigkeit auf den von der KTD C eingehaltenen Wert würde für die ganze Schweiz eine jährliche Einsparung von 750 000 Franken bedeuten! Der Gewinn käme zwar nur zu einem Teil den PTT-Betrieben zugut, vor allem aber würden die Versicherungen der die Schäden verursachenden Bauunternehmer davon profitieren. Der Vorteil für die PTT-Betriebe läge hauptsächlich in der Möglichkeit, das freiwerdende Personal für den Bau neuer Anlagen einzusetzen. Die grosse Schadenssumme rechtfertigt auf alle Fälle eine laufende, intensive Orientierung der Bauunternehmer, Baumaschinenbesitzer und Architekten durch Inserate, Zirkulare und Plakate. Es zeigt sich aber auch die Bedeutung der Trasseewahl und guter, laufend nachge-

fauts de câbles ou 58% des défauts qui affectent les câbles eux-mêmes, il est nécessaire de dépenser quelques 2 millions de francs, dont une bonne partie pourrait être économisée.

La moyenne suisse des endommagements mécaniques par 100 km de câble a passé de 2,0 en 1957 à 3,7 en 1966, chiffres qui expriment l'activité générale accrue dans la construction. Mais la fréquence des défauts est très différente dans les zones de construction de chacune des directions d'arrondissement. Si, chaque année, la direction A qui enregistrait entre 5,7 et 8,6 défauts avait les valeurs les plus mauvaises, en revanche la direction C obtenait les résultats les meilleurs en enregistrant 1,0 à 2,5 défauts. De 1957 à 1960, la direction B qui connaissait au début une activité générale très faible dans la construction était en tête avec 0,4 à 0,9 défaut; mais, dès que l'activité se fit plus intense dans son arrondissement, le nombre des défauts passa immédiatement à la moyenne suisse. La direction C, qui englobe des réseaux urbains et ruraux où l'activité dans la construction est très grande, surprend par ses plans bien tenus à jour et son choix particulièrement minutieux de tous les tracés de câbles (fig. 4).

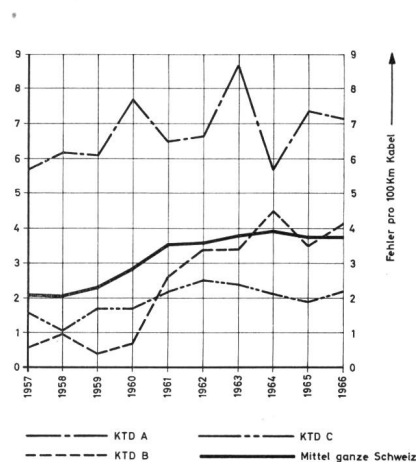


Fig. 4
Mechanische Beschädigungen je 100 km Kabel
Endommagements mécaniques par 100 km de câble
Mittel ganze Schweiz = Moyenne de toute la Suisse
Fehler pro 100 km Kabel = Défauts par 100 km de câble

Si la direction A parvenait à ramener la fréquence des défauts à la moyenne suisse, elle réaliserait à elle seule une économie annuelle de 50 000 francs; si la fréquence des défauts tombait d'une façon générale à la valeur maintenue par la direction C, l'économie annuelle obtenue pour l'ensemble de la Suisse serait de 750 000 francs. L'entreprise des PTT ne profiterait que partiellement de ce bénéfice, car les assurances des entreprises de construction qui

tragener Planunterlagen, mit deren Hilfe die Lage der Kabel den Interessenten rasch und zuverlässig angegeben werden kann.

Fern- und Bezirkskabel, die zu einem grossen Teil abseits der Siedlungszentren und damit auch abseits der Baustellen liegen, sind durch mechanische Beschädigungen weniger gefährdet als die Teilnehmerkabel. 1965/66 lag die mittlere Fehlerhäufigkeit bei den Fern- und Bezirkskabeln bei 1,7 Fehlern/100 km Kabel; bei den Teilnehmeranlagen waren es 4,3 Fehler/100 km Kabel. Bei der heute üblichen Bauweise – Kabelkanäle im Bereich der Siedlungen, Kabel ohne Kanal auf Überlandstrecken – ist das Risiko mechanischer Beschädigungen im ganzen gesehen gleichmässig auf die verschiedenen Kanalarten verteilt. 1965/66 wurden in Rohrleitungen, Stollen usw. 5,0, in leichten Betonkanälen und in Zoresisenkanälen 5,9 und bei Kabeln unter Decksteinen oder ohne Kanal 6,9 Fehler/100 km Trasse registriert.

Die Verantwortlichkeit für verursachten Schaden lässt sich auch bei den mechanischen Beschädigungen nicht immer ohne weiteres bestimmen. Aus den Angaben auf den Fehlermeldeformularen ergibt sich das Bild der *Tabelle V*.

Tabelle V

	1965 %	1966 %
Unternehmer unter PTT-Vertrag	6,15	6,17
Unternehmer nicht unter PTT-Vertrag	60,05	57,85
PTT-Monteur	1,03	1,30
PTT-Bauleitung	1,55	1,51
PTT-fremde Bauleitung (Private)	3,55	4,09
Organe von Bund, Kanton oder Gemeinde	1,81	2,74
Grundeigentümer	1,81	2,16
Pächter oder Mieter	0,17	0,08
Andere Personen	1,29	1,35
Verantwortlichkeit nicht feststellbar	22,53	22,70

Der grösste Teil der mechanischen Beschädigungen tritt anlässlich von Bauarbeiten auf, immerhin stehen aber 17% nicht in direktem Zusammenhang mit der Bautätigkeit (*Tabelle VI*).

Tabelle VI

Beschädigungen durch	1965 %	1966 %
Bauarbeiten	82,7	83,0
Nagetiere	5,2	4,4
Erdrutsche: natürliche	2,1	3,2
wegen Baugruben	1,3	1,2
Explosionen, Feuersbrünste	1,4	0,7
Überschwemmungen	0,4	0,4
Lawinen, Nassschnee	0,7	0,2
Kabelwanderung	0,5	0,4
Unfälle	0,4	0,4
andere Umstände	5,2	6,0

causent les dommages en seraient les principales bénéficiaires; mais les PTT pourraient affecter le personnel ainsi libéré à la construction de nouvelles installations, ce qui serait un avantage primordial. Le montant élevé des dommages justifie en tout cas une information permanente et intensive des entrepreneurs, des possesseurs de machines de construction et des architectes par des avis dans les journaux, des circulaires et des affiches. Cela fait aussi ressortir l'importance du choix du tracé et de bons plans constamment tenus à jour, ces derniers permettant d'indiquer rapidement et sûrement aux intéressés la situation des câbles.

Les câbles interurbains et ruraux, qui se trouvent en grande partie en dehors des centres d'habitation et, par là, aussi à l'écart des chantiers, sont moins exposés aux endommagements mécaniques que les câbles d'abonnés. En 1965 et 1966, la fréquence moyenne des défauts était de 1,7 par 100 km pour les câbles interurbains et ruraux, tandis qu'elle était de 4,3 par 100 km pour les installations d'abonnés. Du fait de la méthode de construction ordinairement appliquée à présent – canaux de câbles dans la zone des agglomérations et câble sans canal sur les tronçons interurbains –, le risque d'endommagements mécaniques se répartit assez uniformément entre les différentes sortes de canaux. On a enregistré, en 1965 et 1966, 5,0 défauts par 100 km de tracé pour les canalisations en tuyaux, les tunnels, etc., 5,9 pour les canaux en béton léger et les canaux en fers zorès et 6,9 pour les câbles protégés par des dalles ou posés sans canal. Il n'est pas toujours aisé de déterminer qui est responsable des endommagements mécaniques. Le *tableau V* illustre les indications figurant sur les avis de défauts.

Tableau V

	1965 %	1966 %
Entrepreneur au bénéfice d'un contrat PTT	6,15	6,17
Entrepreneur n'étant pas au bénéfice d'un contrat PTT	60,05	57,85
Monteur PTT	1,03	1,30
Direction des travaux PTT	1,55	1,51
Direction des travaux étrangère aux PTT (privée)	3,55	4,09
Organes de la Confédération, du canton ou de la commune	1,81	2,74
Propriétaires fonciers	1,81	2,16
Fermiers ou locataires	0,17	0,08
Autres personnes	1,29	1,35
Responsabilité ne pouvant être déterminée	22,53	22,70

La majeure partie des endommagements mécaniques se produisent lors des travaux de construction, mais néanmoins, 17% d'entre eux n'ont aucun rapport avec cette activité (*tableau VI*).

Wie unter 1.6 (Fig. 3) bereits erwähnt, sind 97% aller Korrosionsfehler an Kabeln mit höchstens 60 Paaren aufgetreten. Man hat deshalb schon 1958/59 Offerten erstellen lassen, die vorsahen, alle Bleimantelkabel mit einem Kunststoffmantel zu versehen. Leider scheiterte die Verwirklichung damals am Preis. Die Kosten für einen solchen generellen Schutz hätten rund 4 Millionen im Jahr betragen. In der Folge beschäftigte sich dann die Forschungs- und Versuchsabteilung der PTT sehr intensiv mit einem Korrosionsschutz, der wesentlich besser als der bisherige und zudem wirtschaftlich tragbar ist.

Vom 15. Mai 1960 an wurde dieser eingeführt, und zu Beginn des Jahres 1963 konnte er nochmals verbessert werden. Durch neue Fabrikationsmethoden wurde es möglich, die als Korrosionsschutz dienende Zellulosehydratfolie beidseitig mit Polythen zu beschichten.

Es ist nun interessant, die Auswirkungen, soweit dies bisher möglich ist, näher zu untersuchen. Dazu soll nur die Y-Korrosion betrachtet werden, die prozentual den grössten Fehleranteil ausmacht.

Während 1962 noch 38 Schäden an Kabeln mit einem Alter bis zu 6 Jahren auftraten, waren 1966 nur noch 10 zu registrieren. Bei diesen handelt es sich um Kabel, die aus alten Lagerbeständen stammten, das heisst noch nicht mit dem neuesten Korrosionsschutz versehen waren.

Seit 1965 werden die eisernen Kabelschutzkanäle nicht mehr mit einem Bitumenüberzug versehen. An dessen Stelle trat vorerst ein sendzimiervverzinkter Kanal, der 1966 durch den heute verwendeten feuerverzinkten Kanal abgelöst wurde. Durch die Vorschrift, dass bei sämtlichen Spleissstellen der Kanal mit dem Bleikabelmantel verbunden werden muss, ergibt sich für den Bleimantel eine kathodische Schutzwirkung, die die Korrosion weitgehend verhindert oder zumindest stark hemmt. Es ist zu erwarten, dass bei den neuen Kabelanlagen, bei denen die erwähnten Massnahmen nun allgemein angewendet werden, die Korrosionsanfälligkeit spürbar zurückgeht. Andererseits wird die Zahl der Korrosionsstörungen an älteren Kabeln eher noch zunehmen, was naturgemäss durch die fortschreitende Alterung bedingt ist.

Bei der Fehlerbehebung von Korrosionsschäden fallen die Unternehmerkosten stark ins Gewicht. Die *Tabelle X* zeigt, wie teuer eine Reparatur eines solchen Schadens zu stehen kommt. Um die Gesamtkosten zu erhalten, sind noch die Löhne und das Material der PTT-eigenen Aufwendungen hinzuzurechnen.

Die Kosten für die Behebung eines Korrosionsschadens liegen gesamthaft bedeutend höher als der Durchschnittswert gemäss 1.3, da vielfach nicht nur die eigentliche Schadenstelle repariert wird, sondern längere Kabelstücke ausgewechselt werden müssen.

2.2 Défauts dus à la corrosion

De 1957 à 1966, 6655 dégâts dus à la corrosion ont été annoncés, soit 3123 de plus que durant les 30 premières années de la statistique des défauts de câbles. Le *tableau IX* montre la répartition des dégâts entre les différents genres de corrosion.

Tableau IX

Corrosion Y	5794	87 %
Corrosion purement chimique	339	5,1 %
Electrolyse	307	4,6 %
Corrosion d'origine inconnue	215	3,3 %

Au paragraphe 1.6 (fig. 3), nous avons déjà relevé que 97% de tous les défauts dus à la corrosion se sont produits sur des câbles ayant tout au plus 60 paires de conducteurs. C'est pourquoi, en 1958 et 1959 déjà, on a fait établir des devis prévoyant de protéger tous les câbles à gaine de plomb par une enveloppe en matière synthétique; malheureusement, cette conception nouvelle n'a pas eu de suite en raison du prix. En effet, le coût de cette protection générale se serait élevé annuellement à 4 millions de francs. Par la suite, la division des recherches et des essais des PTT s'est occupée très activement d'une protection contre la corrosion qui était nettement meilleure que l'ancienne et, de plus, économiquement supportable; cette protection a été introduite à partir du 15 mai 1960 et a pu encore être améliorée au début de l'année 1963. Grâce à de nouvelles méthodes de fabrication, il a été possible de recouvrir de polyéthylène les deux côtés de la feuille d'hydrate de cellulose pure régénérée utilisée comme protection contre la corrosion.

Il peut être intéressant, en tant que cela est possible jusqu'ici, d'examiner de plus près les effets de cette mesure. Pour ce faire, on s'en tiendra uniquement à la corrosion Y qui présente le quota de défauts le plus élevé.

Tandis que 38 dégâts se produisaient encore en 1962 sur des câbles dont l'âge allait jusqu'à 6 ans, on n'en enregistrait plus que 10 en 1966 et, dans ce dernier cas, il s'agissait de câbles provenant d'anciens stocks, c'est-à-dire de câbles qui n'étaient pas encore dotés de la protection la plus récente contre la corrosion.

Depuis 1965, les canaux de protection en fer ne sont plus recouverts d'une couche de bitume; ils ont d'abord été remplacés par un canal galvanisé « sendzimir » qui, lui-même, a cédé le pas en 1966 au canal zingué au feu utilisé actuellement. La prescription qui oblige à connecter le canal à la gaine de plomb du câble dans toutes les épissures permet d'assurer à la gaine de plomb une protection cathodique empêchant dans une large mesure la corrosion ou l'entraînant tout au moins fortement. Il y a tout lieu d'attendre que

Tabelle X

Jahr	Gesamtkosten Fr.	Fehlerzahl	Kosten je Fehler Fr.
1962	353 600	745	475
1963	499 500	729	685
1964	485 000	669	725
1965	900 600	990	910
1966	996 300	1183	842

Wo sind die Korrosionsschäden aufgetreten?

Die Auswertung der Statistiken der Jahre 1965 und 1966 zeigt, dass die Korrosionsschäden auftraten in

Eisenkanälen	96,3%
Zementkanälen	1,2%
Kulisseneisen	0,4%
anderen Kanälen	0,5%
ohne Kanal	0,2%
Schächten	1,4%
	<hr/>
	100%

Dieses Verhältnis ist gegenüber der früheren Kabelfehlerstatistik praktisch unverändert geblieben. Es geht daraus hervor, dass die in Eisenkanälen verlegten Kabel sehr stark der Korrosion ausgesetzt sind, hingegen praktisch keine Korrosionen an armierten Kabeln auftreten, die direkt in das Erdreich verlegt sind.

Figur 5 zeigt die Zahl der Korrosionsschäden je 100 km. Im Gegensatz zur letzten Veröffentlichung sind diesmal die Ermüdungsschäden nicht berücksichtigt. Das starke Ansteigen von 0,77 Fehlern/100 km Kabel auf 1,78 Fehler ist zur Hauptsache durch die starke Zunahme von Y-Korrosionen bedingt.

Y-Korrosion

Im Jahre 1956 [4] wurde diese Korrosionsart noch als sogenannte Phenolkorrosion bezeichnet. In der Zwischenzeit hat die Forschungs- und Versuchsabteilung der PTT eingehende Untersuchungen durchgeführt [5...11].

Diese ergaben, dass die Korrosion nicht durch Phenolspuren in der Kabelhülle bewirkt wird, sondern dass diese eine interkristallin fortschreitende Korrosionsform darstellt, die überall dort auftreten kann, wo Blei und Bodenwasser miteinander in Berührung kommen. Der irreführende Name «Phenolkorrosion» wurde deshalb fallengelassen und allgemein durch den Ausdruck Y-Korrosion ersetzt.

Aus Figur 6 geht hervor, dass die Zahl der Y-Korrosionen weiterhin stark im Ansteigen begriffen ist.

Die Verteilung der Y-Korrosionen auf Fern- und Bezirkskabeln einerseits und Ortskabeln andererseits ergibt für die Jahre 1965/66 folgendes Bild:

Fehler im Fern- und Bezirksnetz	3,9%
Fehler in Ortsnetzen	96,1%

la corrosion rétrogradera de façon sensible dans les nouvelles installations de câbles auxquelles ces mesures sont appliquées d'une manière générale. Mais le nombre des dérangements dus à la corrosion sur les câbles plus anciens aura encore tendance à augmenter, ce qui s'accroît naturellement au fur et à mesure du vieillissement.

Les frais d'entrepreneur pour la réparation des défauts dus à la corrosion sont très élevés et le tableau X montre ce que coûte une réparation. Pour obtenir les frais globaux, il faut encore ajouter les salaires du personnel PTT et le prix du matériel.

Tableaux X

Année	Frais globaux Fr.	Nombre de défauts	Frais par défaut Fr.
1962	353 600	745	475
1963	499 500	729	685
1964	485 000	669	725
1965	900 600	990	910
1966	996 300	1183	842

Les frais de réparation des dégâts dus à la corrosion sont dans leur ensemble nettement plus élevés que la moyenne indiquée au chiffre 1.3, du fait qu'il est fréquemment nécessaire non seulement de réparer l'endroit proprement dit du défaut, mais encore de remplacer le câble sur une grande longueur.

Où se sont produits les défauts dus à la corrosion?

En dépouillant les statistiques des années 1965 et 1966, on a constaté que les défauts dus à la corrosion se produisaient dans les

canaux en fer	96,3%
canaux en ciment	1,2%
fers en forme de U	0,4%
autres canaux	0,5%
câbles posés sans canal	0,2%
chambres	1,4%
	<hr/>
	100%

Cette proportion est pratiquement restée inchangée par rapport à la statistique précédente des défauts de câbles. Il en ressort que les câbles posés dans des canaux en fer sont très exposés à la corrosion et qu'en revanche les câbles armés, posés directement dans le sol, ne sont pratiquement pas corrodés.

La figure 5 montre le nombre des défauts dus à la corrosion par 100 km de câble. Contrairement à la dernière publication, les dommages dus à la fatigue ne sont cette fois-ci pas pris en considération. Si les défauts ont passé de 0,77 à 1,78 par 100 km de longueur de câble, on doit principalement

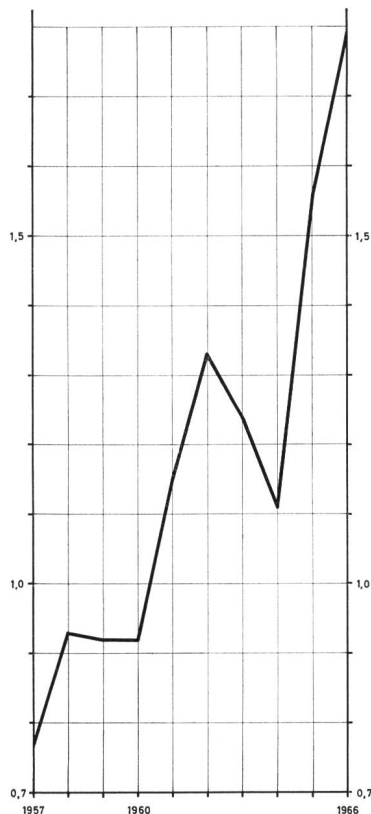


Fig. 5
Anzahl Korrosionsfehler je 100 km Kabellänge
Nombre de défauts dus à la corrosion par 100 km de câble

Ältere Fern- und Bezirkskabel werden durch die Abteilung Forschung und Versuche der PTT auf ihren Korrosionszustand eingehend untersucht. Dabei wird auch gleichzeitig die Möglichkeit des Einbaues einer kathodischen Schutz-einrichtung abgeklärt, um die Anlage noch möglichst lange betriebstauglich zu erhalten.

Hingegen ist in Ortskabelanlagen ein solcher Schutz, wo er nach den vorstehenden Zahlen am nötigsten wäre, leider unmöglich: Die Aufwendung dazu wäre zu gross, es müsste praktisch das ganze Ortsnetz an die Schutzeinrichtungen angeschlossen werden. Zudem bestünde eine grosse zusätzliche Korrosionsgefahr für andere unterirdische Metallleitungen oder Rohre wegen zu grosser Potentialdifferenzen. Es bleibt für diesen Fall nur zu hoffen, dass die Verwendung von mit Polythen beidseitig beschichteter Zellulosehydratfolie und verzinkter Eisenkanäle bei Neuanlagen voll wirksam werden.

Rein chemische Korrosion

In den Jahren 1947–1956 wurden jährlich durchschnittlich 24,2 Schadenfälle dieser Korrosionsart registriert. Es han-

l'attribuer à la forte augmentation du nombre des corrosions Y.

Corrosion Y

En 1956 [4], ce genre de corrosion était encore appelé *corrosion par l'effet supposé du phénol*: mais, dans l'intervalle, la division des recherches et des essais des PTT a procédé à des analyses approfondies [5...11] qui ont abouti aux conclusions suivantes: la corrosion n'est pas provoquée par les traces de phénol découvertes dans l'enveloppe des câbles, mais représente une forme de corrosion intercrystalline progressante qui peut apparaître partout où le plomb et l'eau du sol entrent en contact. C'est pourquoi le nom de «corrosion par l'effet du phénol» qui prêtait à confusion a été abandonné et remplacé d'une façon générale par l'expression *corrosion Y*.

A la figure 6, on voit que le nombre de corrosions Y continue à augmenter fortement. Leur répartition entre les câbles interurbains et ruraux, d'une part, et les câbles locaux, d'autre part, est la suivante pour les années 1965 et 1966:

Défauts dans le réseau interurbain et rural	3,9%
Défauts dans les réseaux locaux	96,1%.

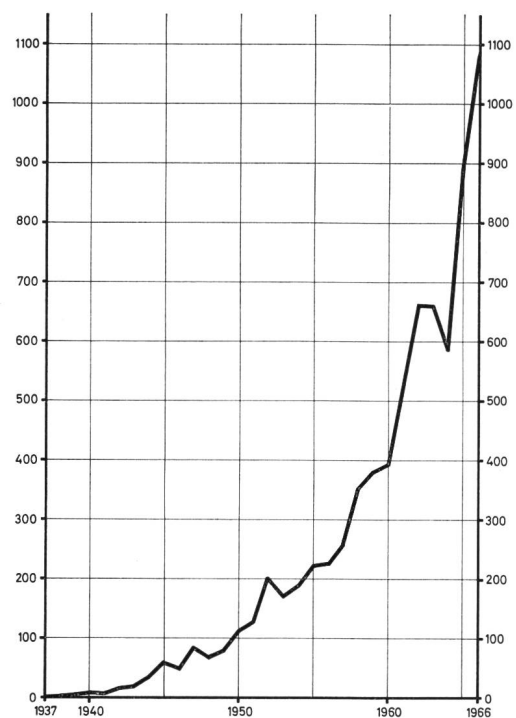


Fig. 6
Fehler durch Y-Korrosion
Défauts dus à la corrosion Y

delte sich dabei um Korrosionen durch bodenfremde Stoffe, wie Betonwasser, Jauche, Abwässer, Leuchtgas, Schutz-muffendichtungspolster usw. In den Jahren 1957–1966 ergab der Jahresdurchschnitt 33,9 Fälle, er hat also eine leicht ansteigende, aber nicht alarmierende Tendenz. Auch für diese Fälle wird sich der im vorangegangenen Abschnitt erwähnte verbesserte Korrosionsschutz und die Verwendung von verzinkten Eisenkanälen in der Zukunft günstig auswirken.

Elektrolytische Korrosion

In den Jahren 1947–1956 betrug die jahresdurchschnittliche Zahl 44,3 Fehler, 1957–1966 sank dieser Durchschnitt auf 30,7. Dies ist sicher darauf zurückzuführen, dass Kabelanlagen, die sich im Beeinflussungsgebiet von Gleichstrombahnen befinden, vermehrt gegen die elektrolytische Korrosion durch den Einbau elektrischer Drainagen, die mit polarisierten Relais oder neuerdings mit Siliziumdioden ausgerüstet werden, geschützt wurden.

Immerhin wurden 1965 noch 11 und 1966 sogar 16 elektrolytische Korrosionen, hervorgerufen durch Beeinflussung von Gleichstrombahnen, gemeldet. Dabei handelt es sich aber vorwiegend um Schadenfälle an älteren Anlagen und an nicht besonders geschützten Ortskabelanlagen.

Bei den 1965 und 1966 gemeldeten 42 Schäden hatten die Kabel folgendes Alter:

6...10 Jahre	4 Fehler
12...20 Jahre	8 Fehler
23...30 Jahre	5 Fehler
älter als 30 Jahre	25 Fehler
im gesamten	42 Fehler

2.3 Blitzschäden

Die Zahl der Blitzschäden an Kabelanlagen hat, wie *Figur 7* zeigt, in den letzten Jahren stetig zugenommen, was darauf zurückzuführen ist, dass immer mehr Telephonfreileitungen in gewittergefährdeten Gebieten der Voralpen und Alpen durch Kabel ersetzt werden.

Für Anlagen, die besonders stark den atmosphärischen Entladungen ausgesetzt sind, gelangt nun immer mehr ein Kabel mit erhöhter Blitzsicherheit zur Auslegung [12].

Auch der vermehrte Einsatz von Überspannungsableitern UA 12 bei den Kabelüberführungspunkten soll helfen, das von Telephonfreileitungen herrührende Eindringen von Überspannungen in die Kabelanlage zu vermeiden [13]. Es kann heute schon festgestellt werden, dass sich diese Massnahmen bewähren.

Die nähere Untersuchung der Blitzschäden und ihrer Folgen für die Jahre 1965 und 1966 ergibt die Resultate der *Tabelle XI*.

La division des recherches et des essais des PTT a examiné minutieusement l'état de corrosion des anciens câbles interurbains et ruraux et étudié simultanément la possibilité d'intercaler un dispositif de protection cathodique pour maintenir l'installation en service encore aussi longtemps que possible. En revanche, il est malheureusement impossible de réaliser cette protection dans les installations de câbles locaux où elle serait pourtant la plus nécessaire au vu des chiffres précités: la dépense serait en effet trop grande, car il faudrait pratiquement relier tout le réseau local aux dispositifs de protection. De plus, un grave danger de corrosion supplémentaire menacerait d'autres conduites métalliques ou canalisations souterraines par suite des trop grandes différences de potentiel. Il ne reste donc qu'à espérer que la couche de polythène appliquée des deux côtés de la feuille d'hydrate de cellulose pure régénérée comme protection contre la corrosion et que l'emploi de canaux en fer zingués seront pleinement efficaces dans les nouvelles installations.

Corrosion purement chimique

De 1947 à 1956, on a enregistré en moyenne chaque année 24,2 cas de défauts dus à ce genre de corrosion. Il s'agissait de corrosions par des matières étrangères au sol, telles que purin, eau utilisée pour la préparation du béton, eaux usées, gaz d'éclairage, matière d'obturation des manchons de protection, etc. De 1957 à 1966, la moyenne annuelle a été de 33,9 cas, ce qui indique une légère augmentation qui n'est toutefois pas alarmante. La protection améliorée contre la corrosion, mentionnée précédemment, aura certainement une influence favorable aussi sur ces cas.

Corrosion électrolytique

Si la moyenne annuelle était de 44,3 défauts pour les années 1947 à 1956, elle est tombée à 30,7 pour 1957 à 1966, ce qu'il faut attribuer au fait que les installations de câbles qui se trouvent dans la zone d'influence du courant des chemins de fer à courant continu ont été protégées de façon plus efficace contre la corrosion électrolytique. Cette protection consiste en drainages électriques à relais polarisés ou, depuis tout récemment, à diodes au silicium.

On a néanmoins annoncé, en 1965, encore 11 cas de corrosion électrolytique due à l'influence du courant de chemins de fer à courant continu et en 1966 même 16 cas. Mais il convient de relever qu'il s'agit principalement de défauts causés à d'anciennes installations et à des câbles locaux qui n'étaient pas spécialement protégés.

Les 42 défauts annoncés en 1965 et 1966 concernaient des câbles dont l'âge était le suivant:

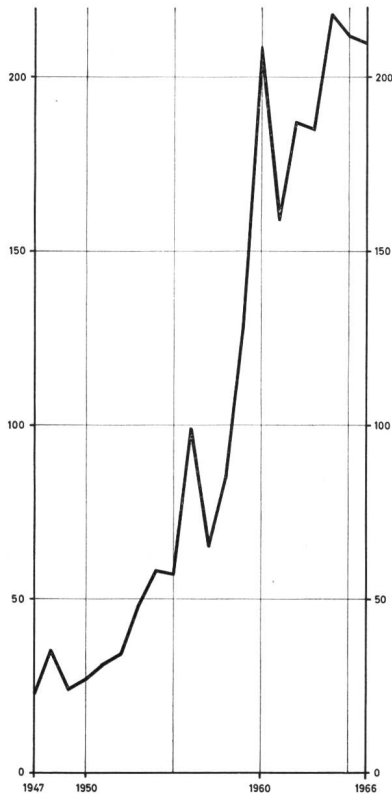


Fig. 7
Blitzschäden
Dégâts causés par la foudre

Tabelle XI

Fehlerursache	Primär- schäden	Folge- schäden	Total
Fehler als Folge eines direkten Einschlages in die Telefonfreileitung	84	10	94
Fehler als Folge einer Überspannung auf der Telefonfreileitung ohne direkten Einschlag	148	—	148
Direkter Einschlag in das Kabel mit Brandloch	34	6	40
Direkter Einschlag in das Kabel mit eingedrücktem Mantel, ohne Brandloch	16	—	16
Blitzschaden unabgeklärter Ursache	120	4	124
Total			422

Insgesamt sind von den 422 gemeldeten Schäden 242 auf Überspannungen zurückzuführen, die von Telefonfreileitungen herrühren. Für solche Fälle wird der Überspannungsableiter UA 12 sicher die erhoffte Verbesserung bringen.

Leider konnte eine grosse Zahl (124) Schäden nicht restlos abgeklärt werden.

4 défauts	6...10 ans
8 défauts	12...20 ans
5 défauts	23...30 ans
25 défauts	plus de 30 ans
<u>42 défauts</u>	au total

2.3 Défaits dus à la foudre

Il ressort de la *figure 7* que le nombre des dégâts causés aux installations de câbles par la foudre n'a cessé d'augmenter au cours de ces dernières années. Ce phénomène est imputable au fait que les câbles remplacent de plus en plus les lignes téléphoniques aériennes dans les régions exposées aux coups de foudre des Préalpes et des Alpes.

Lorsque les installations sont tout particulièrement exposées aux décharges atmosphériques, on pose de plus en plus des câbles offrant une sécurité plus grande contre les coups de foudre [12].

En installant toujours plus des parasurtensions UA 12 aux points de transition aéro-souterraine, on contribue aussi à éviter que les surtensions provenant des lignes téléphoniques aériennes ne pénètrent dans les câbles [13]. On peut déjà constater actuellement que ces mesures donnent d'excellents résultats. L'examen détaillé des dommages causés par la foudre et de ses conséquences donne, pour les années 1965 et 1966, les résultats du *tableau XI*.

Tableau XI

Origine du défaut	Dégâts primaires	Dégâts subséquents	Total
Défaut résultant d'un coup de foudre direct sur la ligne téléphonique aérienne	84	10	94
Défaut résultant d'une surtension sur la ligne téléphonique aérienne sans coup de foudre direct	148	—	148
Coup de foudre direct sur le câble avec trou de brûlure	34	6	40
Coup de foudre direct sur le câble avec gaine écrasée, sans trou de brûlure	16	—	16
Dommage causé par la foudre, d'origine indéterminée	120	4	124
Total			422

Sur les 422 dégâts annoncés, 242 concernaient des surtensions provenant de lignes téléphoniques aériennes. Il est certain que le parasurtension UA 12 prévu à cet effet apportera l'amélioration escomptée.

Il n'a malheureusement pas été possible d'élucider avec toute l'exactitude voulue un grand nombre (124) de dommages: le classement (*tableau XII*) des dégâts dus à la foudre (1965/1966) d'après les genres de canaux donne:

Die Aufteilung (Tabelle XII) der Blitzschäden (1965/66) nach Kabelkanalarten ergibt:

Tabelle XII

Schächte	4,8%
Betonkanal	2,7%
Eisenkanal	37,8%
andere Kanäle	7,0%
armierte Kabel	47,7%

Diese Zahlen zeigen, dass sich bandarmierte Kabel bei Blitzeinflüssen ungünstig verhalten. Dieser Kabeltyp ist deshalb in blitzgefährdeten Gebieten nicht zu verwenden; an seiner Stelle soll ein Spezialkabel oder ein Kabel in einem elektrisch durchverbundenen Eisenkanal vorgesehen werden. Schon die Auslegung eines flachdrahtarmierten Kabels kann bei nicht zu grosser Beeinflussung die Blitzschadengefahr verbessern.

Figur 8 zeigt die Verteilung der Blitzschläge der Jahre 1960–1963 auf die Gebiete der Kreisteledirektionen. Über die Hälfte der Blitzschäden treten im Tessin auf. Es ist deshalb sicher berechtigt, hier für neu zu erstellende Anlagen besondere Schutzmassnahmen zu treffen.

2.4 Erschütterungsschäden oder Ermüdungsbrüche

Die Zahl der Ermüdungsfehler ist, abgesehen von kleinen Schwankungen, im Ansteigen begriffen (Fig. 9). Mit Hilfe der Auswertung der Jahre 1965 und 1966 soll abgeklärt werden, wie sich die Fehler auf den Anlagen verteilen (Tabelle XIII).

Tabelle XIII

	Fälle	%
Ermüdung bei Kabeln an und in Brücken	47	12,5
Ermüdung bei Kabeln an Stützmauern	15	4,0
Ermüdung direkt bei Spleissmuffe an Erdkabeln	141	37,5
Ermüdung bei Erdkabeln in stark erschütterten Zonen (Strassen, Bahnen usw.)	92	24,5
Ermüdung an Erdkabeln in Aufstiegkanälen	35	9,3
Ermüdung an Luftkabeln mit Bleimantel	2	0,5
Ermüdung an Luftkabeln mit Thermoplastmantel	3	0,8
Ermüdung mit anderer Ursache (z. B. Umbauarbeiten)	23	6,1
Ermüdung mit unbekannter Ursache	18	4,8

In Abhängigkeit nach dem Charakter des Fehlortes traten diese Schäden gemäss Zusammenstellung von Tabelle XIV auf.

Die meisten Fehler sind bei Spleissmuffen und an Anlagen in stark erschütterten Zonen festzustellen. Der Schaden bei der Spleissmuffe ist immer ein Riss des Bleimantels an der Übergangsstelle Kabel-Muffe. Diese Fehler sind, wie aus Figur 9 hervorgeht, mit Sicherheit auf den seit 1949 stark ansteigenden, motorisierten Strassenverkehr

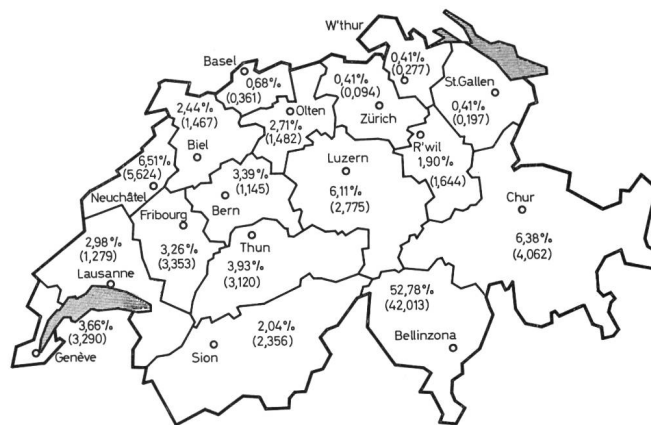


Fig. 8

Zahlen in Klammern () sind die Fehler je 1000 km, bezogen auf die Kabelnetzgrösse der einzelnen KTD. (Mittel für die ganze Schweiz 4,434)

Les chiffres entre parenthèses () indiquent les défauts par 1000 km de câble, rapportés à la grandeur du réseau des câbles des différentes DAT. (Moyenne pour toute la Suisse 4,434)

Tableau XII

Chambres	4,8%
Canal en béton	2,7%
Canal en fer	37,8%
Autres canaux	7,0%
Câbles armés	47,7%

Ces chiffres montrent que les câbles armés de feuillard résistent mal aux effets de la foudre; c'est pourquoi il ne faut pas employer ce type de câble dans les régions exposées aux coups de foudre et il conviendra de prévoir, en lieu et place, un câble spécial ou un câble posé dans un canal en fer ponté électriquement. En posant un câble armé de fils méplats, on peut déjà prévenir le danger de dégâts causés par la foudre lorsque l'influence n'est pas trop grande.

La répartition des coups de foudre par arrondissements au cours des années 1960 à 1963 est reproduite à la figure 8. On y voit que plus de la moitié des dégâts causés par la foudre se produisent au Tessin et qu'il est certainement justifié de prendre des mesures de protection spéciales pour les nouvelles installations à établir dans ce canton.

2.4 Dégâts causés par les trépidations ou ruptures dues à la fatigue

Abstraction faite de faibles fluctuations, le nombre des défauts par ruptures dues à la fatigue est en progression (fig. 9). En interprétant les données des années 1965 et 1966, on détermine dans quelle mesure les défauts se répartissent entre les installations (tableau XIII):

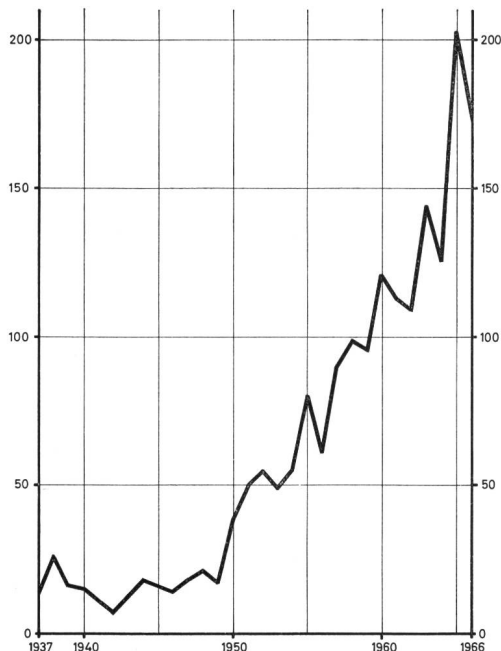


Fig. 9
Fehler durch Ermüdung
Défauts dus à la fatigue

Tabelle XIV

Fehlerort	Zahl	%
Strassen, Wege, öffentliche Plätze	185	51,1
Wiesen, Äcker, Rebberge, Gärten	41	11,3
Wald	1	0,3
Bauplatz von PTT-Bauten	3	0,8
in Gebäuden	10	2,8
an Kunstbauten (Brücken, Tunnel)	59	16,3
in provisorischen Anlageteilen	6	1,6
andere Orte	57	15,7
Total	362	100,0

zurückzuführen. Zur Vermeidung solcher Schäden muss darauf geachtet werden, dass alle Muffen in den Schächten auf Tablaren gelagert werden. Zudem sind die Muffen bei Schachtumbauten oder Umlagerungen, etwa bei Kabelnachsügen, möglichst sorgfältig zu behandeln.

Wie die nachfolgende Zusammenstellung (Tabelle XV) der Jahre 1956/66 zeigt, werden hauptsächlich die älteren Kabel von dieser Schadenursache betroffen.

2.5 Montierungsfehler

1957 wurden bei einem Bestand von 530 Handwerkern im unterirdischen Linienbau 150 Montierungsfehler, das heisst 0,28 Fehler je Handwerker registriert. 1966 arbeiteten 852

Tableau XIII

	Cas	%
Fatigue observée sur des câbles posés contre et sur des ponts	47	12,5
Fatigue observée sur des câbles posés dans des murs de soutènement	15	4,0
Fatigue observée directement au manchon d'épissure de câbles souterrains	141	37,5
Fatigue observée sur des câbles souterrains posés dans des zones à fortes trépidations (routes, voies de chemins de fer, etc.)	92	24,5
Fatigue observée sur des câbles souterrains dans les canaux d'ascension	35	9,3
Fatigue observée sur des câbles aériens à gaine de plomb	2	0,5
Fatigue observée sur des câbles aériens à gaine thermoplastique	3	0,8
Fatigue ayant une autre cause (par exemple transformations)	23	6,1
Fatigue ayant une cause inconnue	18	4,8

Selon la récapitulation du tableau XIV, ces dommages sont étroitement liés au caractère de l'endroit du défaut.

Tableau XIV

Endroit du défaut	Nombre	%
Routes, chemins, places publiques	185	51,1
Prairies, champs, vignobles, jardins	41	11,3
Forêts	1	0,3
Chantiers de construction PTT	3	0,8
Dans des bâtiments	10	2,8
Aux ouvrages d'art (ponts, tunnels)	59	16,3
Dans des parties d'installations provisoires	6	1,6
Autres endroits	57	15,7
Total	362	100,0

Force est de constater que la plupart des défauts frappent les manchons d'épissure et les installations montées dans les zones où les trépidations sont très nombreuses. Le défaut survenant dans le manchon d'épissure est toujours une fissure de la gaine de plomb au point de transition entre le câble et le manchon. Ainsi que la figure 9 le fait ressortir, on peut affirmer que le trafic motorisé allant sans cesse en augmentant depuis 1949 est la cause de ces défauts. Pour éviter pareils dommages, il y a lieu de faire en sorte que tous les manchons soient déposés sur des consoles dans les chambres et qu'en outre ils soient manipulés aussi soigneusement que possible lors de transformations de chambres ou de regroupements, éventuellement aussi lors de tirages complémentaires de câbles.

La récapitulation ci-dessous (tableau XV) des années 1956/1966 indique que cette cause de défauts concerne principalement les anciens câbles.

Tabelle XV

Kabelalter Jahre	Fehlerzahl	%
0...10	61	16,8
11...15	73	20,1
16...20	47	12,9
21...30	66	18,2
über 30	116	32,0

Handwerker, und es wurden 670 Fehler oder 0,79 Fehler je Handwerker gemeldet. Waren 1957 noch 7,8% aller Fehler Montierungsfehler, so stieg ihr Anteil 1966 auf 13,5%. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass schon in den Jahren 1932-1956 der Anteil der Montierungsfehler am Fehlertotal durchschnittlich 11,3% betragen hatte. Diese Zahlen weisen einmal mehr auf die Bedeutung der gründlichen Ausbildung unseres Handwerkerpersonals hin.

Montagefehler sind vor allem Fehler in Spleissungen und in Kabelabschlüssen. Für die Jahre 1957-1964 wurden folgende Anteile der Montagefehler ermittelt:

an den Fehlern in Spleissungen	68%
an den Fehlern im Kabelabschluss	36%
an den Fehlern an Kabeln	2,8%
am Total der Fehler	9,4%

Von den Montagefehlern in Spleissungen entfielen 1957-1962 auf:

Fehler beim Bleilöten	33%
Fehler beim Aderlöten	37%
Verspleissungen	18%
schlechte Muffenlagerung	12%

1965 wurde ein neues Frageschema eingeführt, das unter anderem auch nach der Ursache der Montagefehler forscht. Daraus ergab sich für die Jahre 1965 und 1966 folgendes Bild (Tabelle XVI):

Tabelle XVI

	Montagefehler in % an				Total
	Kanal	Kabel	Spleis- sung	Kabel- ab- schluss	
Unsorgfältige Arbeit	71	65	71	49	61
Missachtung von Vorschriften	23	10	12	20	16
Ausserordentliche Schwierigkeiten	3	7	5	3	5
Ungenügende Vorschriften	0	3	5	12	7
Andere Gründe	3	15	7	16	11

Unsorgfältige Arbeit (61%) und Missachtung von Vorschriften (16%) waren also die Hauptursachen der vielen Montagefehler.

Tableau XV

Age des câbles Années	Nombre de défauts	%
0...10	61	16,8
11...15	73	20,1
16...20	47	12,9
21...30	66	18,2
plus de 30	116	32,0

2.5 Fautes de montage

Tandis qu'en 1957, pour un effectif de 530 artisans occupés à la construction des lignes souterraines, on enregistrait 150 fautes de montage, soit 0,28 par artisan, en 1966, pour un effectif de 852 artisans, on annonçait 670 erreurs ou 0,79 par artisan. Si, en 1957, les fautes de montage représentaient 7,8% de tous les défauts, ce pourcentage passait à 13,5 en 1966. Mais il convient de tenir compte du fait que, de 1932 à 1956 déjà, la quote-part des erreurs de montage était en moyenne de 11,3% par rapport au total des défauts. Ces chiffres montrent une fois de plus l'importance de la formation approfondie du personnel artisan.

Les fautes de montage se produisent surtout dans les épissures et les têtes de câbles, ce qui ressort des pourcentages suivants de la période 1957 à 1964:

défauts dans les épissures	68%
défauts dans les têtes de câbles	36%
défauts sur les câbles	2,8%
du total des défauts	9,4%

De 1957 à 1962, les erreurs de montage dans les épissures se sont réparties de la manière suivante:

fautes de soudage du plomb	33%
fautes de soudage des conducteurs	37%
erreurs d'épissage	18%
mauvaise fixation des manchons	12%

Un nouveau schéma de questions, introduit en 1965, recherche entre autres choses aussi l'origine de la faute de montage et a donné, pour 1965 et 1966, la récapitulation suivante (tableau XVI):

Tableau XVI

	Fautes de montage en %				Total
	de canal	de câble	d'épis- sure	de tête de câble	
Travail négligé	71	65	71	49	61
Inobservation des prescriptions	23	10	12	20	16
Difficultés extraordinaires	3	7	5	3	5
Prescriptions insuffisantes	0	3	5	12	7
Autres motifs	3	15	7	16	11

2.6 Fabrikations-, Material- und Konstruktionsfehler

Die hier eingereichten Kabelfehler sind recht mannigfaltiger Art, sie umfassen von der gebrochenen Kabelader über brüchiges Aderisolerpapier, poröse Kabelmäntel, undichte Gussteile, sich zersetzende Isoliermassen bis zu den schlecht entlüfteten Sicherungskasten alles, was am Baumaterial zu bemängeln ist. Als Kabelfehler zählen allerdings nur jene Fehler, die nach den Abnahmemessungen, das heisst praktisch nach der Inbetriebsetzung der Anlage, festgestellt werden. Die noch während des Baues oder der Montage festgestellten und behobenen Mängel zählen in der Statistik nicht, weil diese ein Bild der Betriebssicherheit der Anlagen geben soll.

Der Anteil der Fabrikations-, Material- und Konstruktionsfehler am Total der Fehler betrug in den Jahren 1957–1966 durchschnittlich nur 1,58%. Die kleinen Fehlerzahlen, durchschnittlich 55 Fehler/Jahr, die vielen Fehlermöglichkeiten und die Tatsache, dass oft die Zeit und die Mittel fehlen, um die genaue Fehlerursache zu bestimmen, lassen es als zweckmässig erscheinen, im Rahmen dieser allgemeinen Betrachtung der Fehlerstatistik nicht auf Einzelheiten einzutreten. Die folgenden Verhältniszahlen des Jahrzehnts 1957/66 mögen genügen (*Tabelle XVII*):

Tabelle XVII

Anteil an den Fehlern an Kabeln	0,9%
Anteil an den Fehlern in Spleissungen	3,0%
Anteil an den Fehlern in Kabelabschlüssen	8,3%
Anteil am Total der Fehler	1,6%

Bezüglich der Fabrikations-, Material- und Konstruktionsfehler an Kabeln wurden 1965–1967 festgestellt (*Tabelle XVIII*):

Tabelle XVIII

Anteil der Fehler an Kabeladern	15%
Anteil der Fehler an der Aderisolation	51%
Verseilfehler	5%
Fehlerhafte Bündelisolation	1%
Fehler an den Kabelmänteln	28%

Am Anteil der Fabrikations-, Material- und Konstruktionsfehler in Kabelabschlüssen waren 1957–1966 beteiligt (*Tabelle XIX*):

Tabelle XIX

Fehler an Gusskasten	29%
Fehler an Kontaktplatten	33%
Fehler in der Abgussmasse	19%

Le travail négligé (61%) et l'inobservation des prescriptions (16%) sont donc les causes principales des nombreuses fautes de montage.

2.6 Vices de fabrication, de matériel et de construction

Les défauts de câbles dont il est question ici concernent toutes les imperfections et défauts du matériel de construction: conducteurs de câble cassés, papier isolant des conducteurs cassant, gaines de câbles poreuses, parties en fonte non étanches, masses isolantes se décomposant, armoires à protections mal aérées, etc. Ils ne portent que sur les défauts qui sont découverts après les mesures de réception, c'est-à-dire pratiquement après la mise en service de l'installation. Les vices constatés et réparés encore pendant la construction ou le montage n'apparaissent pas dans la statistique qui doit donner une image de la sécurité d'exploitation des installations.

De 1957 à 1966, la quote-part des vices de fabrication, de matériel et de construction n'était en moyenne que de 1,58% du total des défauts. Le petit nombre des défauts, en moyenne 55 par année, les nombreuses possibilités de défauts et le fait que le temps et les moyens manquent souvent pour déterminer exactement leur origine justifient de ne pas entrer dans les détails dans l'exposé de ces considérations générales sur la statistique des défauts. Les pourcentages de la décennie 1957 à 1966 suffiront amplement (*tableau XVII*).

Tableau XVII

Quote-part des défauts affectant les câbles	0,9%
Quote-part des défauts dans les épissures	3,0%
Quote-part des défauts dans les têtes de câbles	8,3%
Quote-part du total des défauts	1,6%

De 1965 à 1967, on a relevé les vices suivants (*tableau XVIII*):

Tableau XVIII

Quote-part des défauts de conducteurs de câbles	15%
Quote-part des défauts d'isolation des conducteurs	51%
Erreurs de toronnage	5%
Isolation défectueuse des faisceaux	1%
Défauts des gaines de câbles	28%

La proportion de ces défauts dans les têtes de câbles était la suivante de 1957 à 1966 (*(tableau XIX)*):

Tableau XIX

Défauts d'armoires en fonte	29%
Défauts de plaques de contact	33%
Défauts de masse de coulage	19%

Fabrikations-, Material- und Konstruktionsfehler werden oft erst nach Jahren festgestellt. 1965–1967 traten 50% der Fehler in Anlagen auf, die bereits mehr als 12 Jahre in Betrieb gestanden hatten.

Die Zahl der Fabrikations-, Material- und Konstruktionsfehler hat im Laufe der Jahre 1957–1966 wohl um rund 5% im Jahr zugenommen, im gleichen Masse stieg aber auch der Anlagenbestand. Sicher lässt sich das Baumaterial der schweizerischen PTT-Betriebe künftig noch verbessern. Bezüglich Störungsanfälligkeit darf es aber schon heute als gut bezeichnet werden.

2.7 Starkstromschäden

Die Zahl dieser Schäden betrug in den Jahren 1927–1956 im Durchschnitt 3,1 Fehler. Die Jahre 1957–1966 ergaben 14,7 Fehler, wobei hauptsächlich 1965 mit 20 und 1966 mit 34 Fehlern sehr stark ins Gewicht fielen. Die Fehler der beiden letztgenannten Jahre sollen deshalb etwas näher analysiert werden (*Tabelle XX*).

Tabelle XX

Brandloch im Bleimantel infolge äusserer Lichtbogen- einwirkung im Einflussbereich einer Kraftwerkanlage	10
Brandloch im Bleimantel in der Nähe von Masterdungen	6
Brandloch im Bleimantel in der Nähe einer Bahnanlage	15
Schäden als Folge von induzierten Längsspannungen	1
Starkstromschäden unabgeklärter Ursache	22

Davon entfallen 45 Fehler auf Kabel, 8 Fehler auf Spleisungen und 1 auf die Pupinmuffe.

Oder anders ausgedrückt: 6 Schäden auf Fern- und Bezirkskabeln stehen 48 Schäden auf Ortskabelanlagen gegenüber.

Wenn diese Fehlerzahlen, gemessen mit der Gesamtzahl der Kabelschäden, auch nicht sehr ins Gewicht fallen, ist doch zu bedenken, dass bei jedem Schaden Starkstrom auf unsere Schwachstromanlagen übertrat. Dies muss nicht unbedingt nur zu Materialschäden führen, sondern kann unter unglücklichen Umständen auch Personen treffen. Es ist deshalb wichtig, dass die Vorschriften für das Zusammentreffen von Stark- mit Schwachstromanlagen strikte eingehalten werden, besonders der erforderliche Abstand, die Isolierung und die konsequente Durchverbindung der Eisenkanäle unter sich und mit den Bleimänteln.

3. Allgemeine Schlussfolgerungen

Die Kabelfehlerstatistik verursacht den PTT-Betrieben jedes Jahr beträchtliche Aufwendungen. Schon das Aus-

Les vices de fabrication, de matériel et de construction ne sont souvent décelés qu'après plusieurs années et, entre 1965 et 1967, 50% des défauts sont apparus dans des installations qui étaient en service déjà depuis plus de 12 ans. Si le nombre de ces défauts s'est accru de 5% par année de 1957 à 1966, il ne faut pas oublier que le nombre des installations a augmenté dans les mêmes proportions. Il est certain que le matériel de construction de l'entreprise des PTT suisses s'améliorera encore à l'avenir et, actuellement déjà, on peut dire que la résistance aux dérangements est bonne.

2.7 Dégâts provoqués par le courant fort

Si le nombre de ces dégâts était en moyenne de 3,1 durant les années de 1927 à 1956, il a passé à 14,7 de 1957 à 1966, les 20 défauts de 1965 et les 34 de 1966 prenant une importance particulière dans cette moyenne. Il convient donc d'analyser un peu plus en détail les défauts de ces deux dernières années (*tableau XX*):

Tableau XX

Perforation de la gaine de plomb sous l'effet de l'arc électrique extérieur dans la zone d'influence d'une usine électrique	10
Perforation de la gaine de plomb au voisinage de terres de pylônes	6
Perforation de la gaine de plomb à proximité d'une ligne de chemin de fer	15
Dégâts résultant de tensions longitudinales induites	1
Dommages dus aux effets du courant fort d'origine indéterminée	22

Sur ces 54 défauts, 45 ont porté sur des câbles, 8 sur des épissures et 1 sur le manchon Pupin, autrement dit 6 sur des câbles interurbains et ruraux contre 48 sur des installations de câbles locaux.

Même si, par rapport à l'ensemble des défauts de câbles, ce nombre n'est pas très important, il ne faut pas oublier qu'il y a eu chaque fois passage du courant fort sur les installations à courant faible et qu'il n'y a pas nécessairement que des dommages matériels; des personnes peuvent aussi être touchées. C'est pourquoi il est primordial que les prescriptions relatives aux rencontres d'installations à courant fort avec les installations à courant faible soient strictement observées, en particulier la distance requise, l'isolement et la connexion électrique des canaux en fer entre eux et avec les gaines de plomb.

3. Conclusions générales

La statistique des défauts de câbles occasionne chaque année des frais assez considérables à l'entreprise des PTT. Il faut déjà beaucoup de temps pour remplir les feuilles

füllen der einzelnen Erhebungsbogen beansprucht viel Zeit, und man muss sich immer wieder fragen, ob hier nicht Vereinfachungen möglich sind. Es darf aber nicht übersehen werden, dass allein in Kabelanlagen rund 2 Milliarden Franken investiert sind und dass rund 4 Millionen Franken im Jahr für die Behebung von Kabelschäden aufgewendet werden müssen. Grosse Anstrengungen werden schon heute unternommen, um die Zahl der Kabelschäden zu vermindern. Die vorliegenden Zahlen zeigen, dass es sich lohnt, wirksame, vorbeugende Massnahmen zu treffen, auch wenn dazu bedeutende Mittel notwendig sind.

Die Kabelfehlerstatistik zeigt auch, wo die schwachen Stellen der Anlagen und wo Schwächen der Organisation liegen. Sie gibt damit Hinweise auf mögliche Verbesserungen. Werden diese Konsequenzen gezogen, so macht sich der Aufwand für die Statistik sicher bezahlt.

Bibliographie

- [1] *Gertsch R.* Zehn Jahre Kabelfehlerstatistik. Techn. Mitt. TT. 1937, Nr. 6, S. 211...216.
- [2] *Gertsch R. und Kölliker H.* Zwanzig Jahre Kabelfehlerstatistik. Techn. Mitt. PTT. 1950, Nr. 1, S. 8...33.
- [3] *Hadorn E. und Hainfeld R.* Fünfundzwanzig Jahre Kabelfehlerstatistik. Techn. Mitt. PTT. 1955, Nr. 6, S. 213...230, Nr. 7, S. 268...286.
- [4] *Hadorn E. und Hainfeld R.* Dreissig Jahre Kabelfehlerstatistik. Techn. Mitt. PTT. 1958, Nr. 5, S. 177...204.
- [5] *Vögtli K. und Brunold A.* Probleme der Bleikabelkorrosion (8. Mitteilung). Techn. Mitt. PTT. 1958, Nr. 4, S. 137...142.
- [6] *Künzler H. und Vögtli K.* Probleme der Bleikabelkorrosion (9. Mitteilung). Techn. Mitt. PTT. 1959, Nr. 3, S. 81...96.
- [7] *Vögtli K.* Probleme der Bleikabelkorrosion (10. Mitteilung). Techn. Mitt. PTT. 1959, Nr. 10, S. 430...444.
- [8] *Brunold A.* Probleme der Bleikabelkorrosion (11. Mitteilung). Techn. Mitt. PTT. 1960, Nr. 4, S. 121...143.
- [9] *Vögtli K. und Brühlmann R.* Probleme der Bleikabelkorrosion (12. Mitteilung). Techn. Mitt. PTT. 1962, Nr. 4, S. 117...122.
- [10] *Vögtli K.* Probleme der Bleikabelkorrosion (13. Mitteilung). Techn. Mitt. PTT. 1962, Nr. 7, S. 213...217.
- [11] *Vögtli K.* Probleme der Bleikabelkorrosion (14. Mitteilung). Techn. Mitt. PTT. 1962, Nr. 9, S. 324...331.
- [12] *Meister H. und Utz W.* Verhalten von Kabeln mit geschichtetem Aufbau bei Stossströmen. Techn. Mitt. PTT. 1969, Nr. 1, S. 30...37.
- [13] *Meister H.* Überspannungsschutz an oberirdischen Fernmeldeleitungen. Techn. Mitt. PTT, 1969, Nr. 10, S. 433...445.

d'enquête et on doit toujours se demander s'il n'est pas possible d'y apporter des simplifications. Il y a cependant lieu de ne pas perdre de vue que 2 milliards de francs sont investis dans les installations de câbles et que 4 millions de francs sont consacrés chaque année à la réparation des défauts de câbles. Actuellement, on fait de grands efforts pour réduire le nombre des défauts de câbles et les chiffres montrent qu'il est justifié de prendre des mesures préventives efficaces, même si des moyens importants y sont nécessaires.

Cette statistique fait aussi ressortir quels sont les points délicats des installations et les faiblesses de l'organisation; elle indique aussi les améliorations possibles. Si on sait en tirer les conséquences, les dépenses pour la statistique seront largement compensées.

Bibliographie

- [1] *Gertsch R.* Dix ans de statistique sur les défauts de câbles. Bulletin Technique TT 1937, N° 6, p. 201...261.
- [2] *Gertsch R. et Koelliker H.* Vingt ans de statistique des défauts de câbles. Bulletin Technique PTT 1950, N° 1, p. 8...33, N° 2, p. 50...79.
- [3] *Hadorn E. et Hainfeld R.* Vingt-cinq ans de statistique des défauts de câbles. Bulletin Technique PTT 1955, N° 6, p. 213...230, N° 7, p. 268...286.
- [4] *Hadorn E. et Hainfeld R.* Trente ans de statistique des défauts de câbles. Bulletin Technique PTT 1958, N° 5, p. 177...204.
- [5] *Vögtli K. et Brunold A.* La corrosion des câbles sous plomb (8^e communication). Bulletin Technique PTT 1958, N° 4, p. 137...142.
- [6] *Künzler H. et Vögtli K.* Problèmes de la corrosion des câbles sous plomb (9^e communication). Bulletin Technique PTT 1959, N° 3, p. 81...96.
- [7] *Vögtli K.* Problèmes de la corrosion des câbles sous plomb (10^e communication). Bulletin Technique PTT 1959, N° 10, p. 430...444.
- [8] *Brunold A.* La corrosion des câbles sous plomb (11^e communication). Bulletin Technique PTT 1960, N° 4, p. 121...143.
- [9] *Vögtli K. et Brühlmann R.* La corrosion des câbles sous plomb (12^e communication). Bulletin Technique PTT 1962, N° 4, p. 117...122.
- [10] *Vögtli K.* Problèmes de la corrosion des câbles sous plomb (13^e communication). Bulletin Technique PTT 1962, N° 7, p. 213...217.
- [11] *Vögtli K.* Problèmes de la corrosion des câbles sous plomb (14^e communication). Bulletin Technique PTT 1962, N° 9, p. 324...331.
- [12] *Meister H. et Utz W.* Verhalten von Kabeln mit geschichtetem Aufbau bei Stossströmen. Bulletin Technique PTT 1969, N° 1, p. 30...37.
- [13] *Meister H.* Protection des lignes téléphoniques aériennes contre les surtensions. Bull. techn. PTT. 1969, n° 10, p. 433...445.