

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: 33 (1955)

Heft: 7

Artikel: 25 Jahre Kabelfehlerstatistik [Schluss]= Vingt-cinq ans de statistique des défauts de câbles [fin]

Autor: Hadorn, E. / Hainfeld, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874237>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.03.2025

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

25 Jahre Kabelfehlerstatistik

(Schluss)

31: 621.315.2.004.6

Vingt-cinq ans de statistique des défauts de câbles

(Fin)

5. Korrosionsschäden

Die Ausscheidung der Korrosionsschadenfälle (s. Fig. 3) erfolgt nach eingehender Prüfung der Art und Form der Anfressungen, der chemischen Untersuchung der Korrosionsprodukte und des Phenolnachweises im Imprägnierungsmittel der Bleimantelumhüllungen, d. h. in Papier und Jute. Von jedem auf Korrosion zurückzuführenden Kabelfehler wird ein Kabelabschnitt zur Untersuchung eingesandt, sofern ein Stück Kabel ausgewechselt werden muss.

In den 25 Jahren, 1927...1951, sind im gesamten 1747 Korrosionsschäden und 505 Blitz- und Starkstromschäden aufgetreten. Davon konnten wir 85 Fälle nicht auswerten, weil die Angaben der Baudienste nur lückenhaft vorlagen und keine Kabelmuster eingesandt wurden.

5. Défauts dus à la corrosion

On ne classe les cas de corrosion (voir fig. 3) selon leur catégorie qu'après avoir examiné la nature et la forme des détériorations, déterminé la composition chimique des produits de la corrosion et constaté la présence ou l'absence de phénol dans le produit d'imprégnation des enveloppes recouvrant la gaine de plomb, c'est-à-dire du papier et du jute. Pour chaque défaut imputable à la corrosion, il faut, s'il a été nécessaire de remplacer un tronçon du câble, envoyer la partie attaquée à la direction générale pour examen.

Pendant les vingt-cinq ans écoulés de 1927 à 1951, il a été signalé 1747 défauts dus à la corrosion et 505 détériorations par des coups de foudre ou les effets du courant fort. Dans 85 cas, la cause du défaut n'a pu être précisée, les indications fournies étant incom-

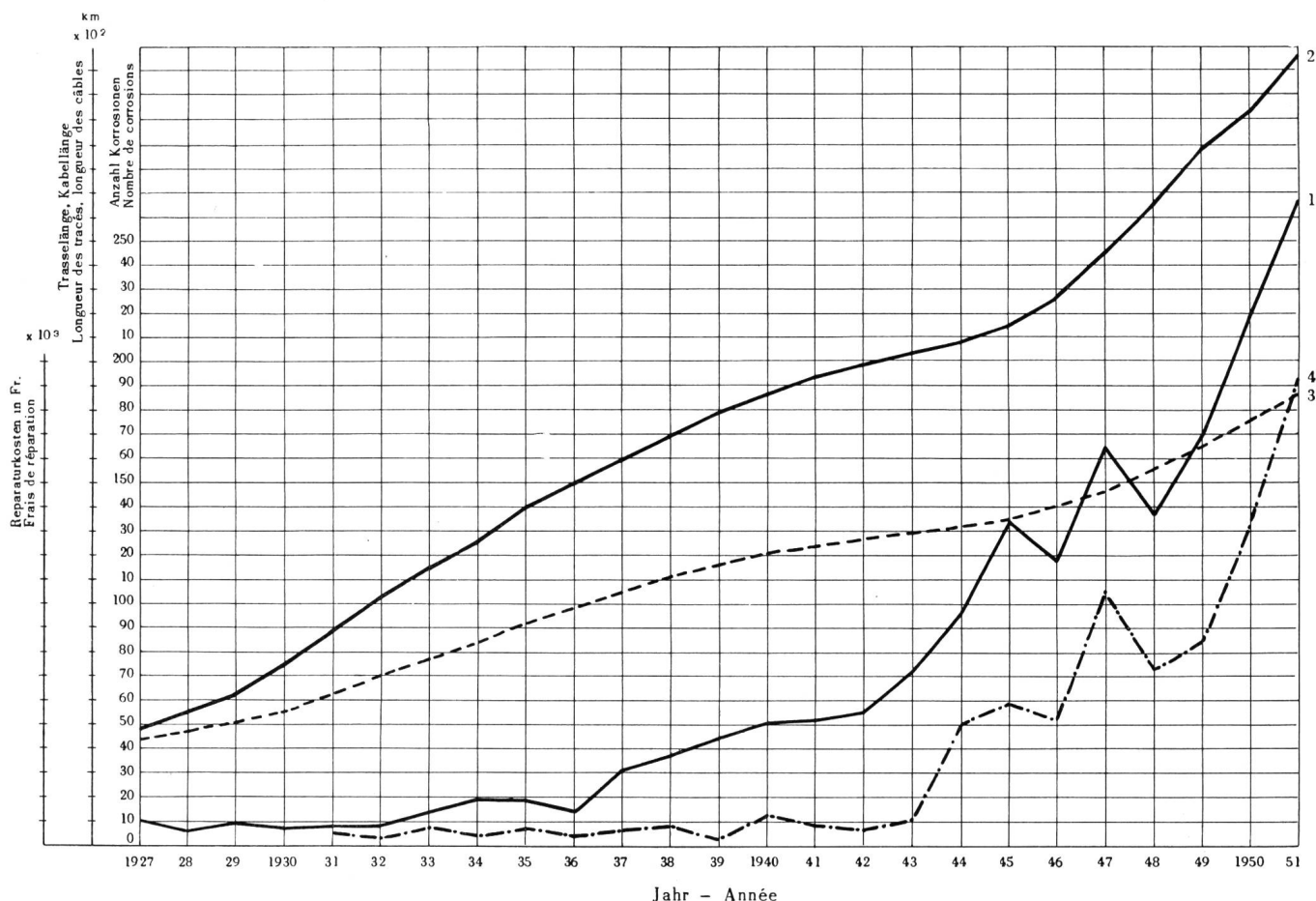


Fig. 19. Kabelfehler, verursacht durch Korrosion. Kabellängen und Reparaturkosten in den Jahren 1927...1951
Défauts de câble dus à la corrosion. Longueurs des câbles et frais de réparation durant la période 1927...1951

- 1 Kabelfehler, verursacht durch Korrosion (ohne Blitz- und Starkstromschäden) – Nombre de corrosions
- 2 Kabellänge (Orts-, Fern- und Bezirkskabel) – Longueur des câbles
- 3 Trassellänge der Orts-, Fern- und Bezirkskabel – Longueur des tracés
- 4 Reparaturkosten – Frais de réparation

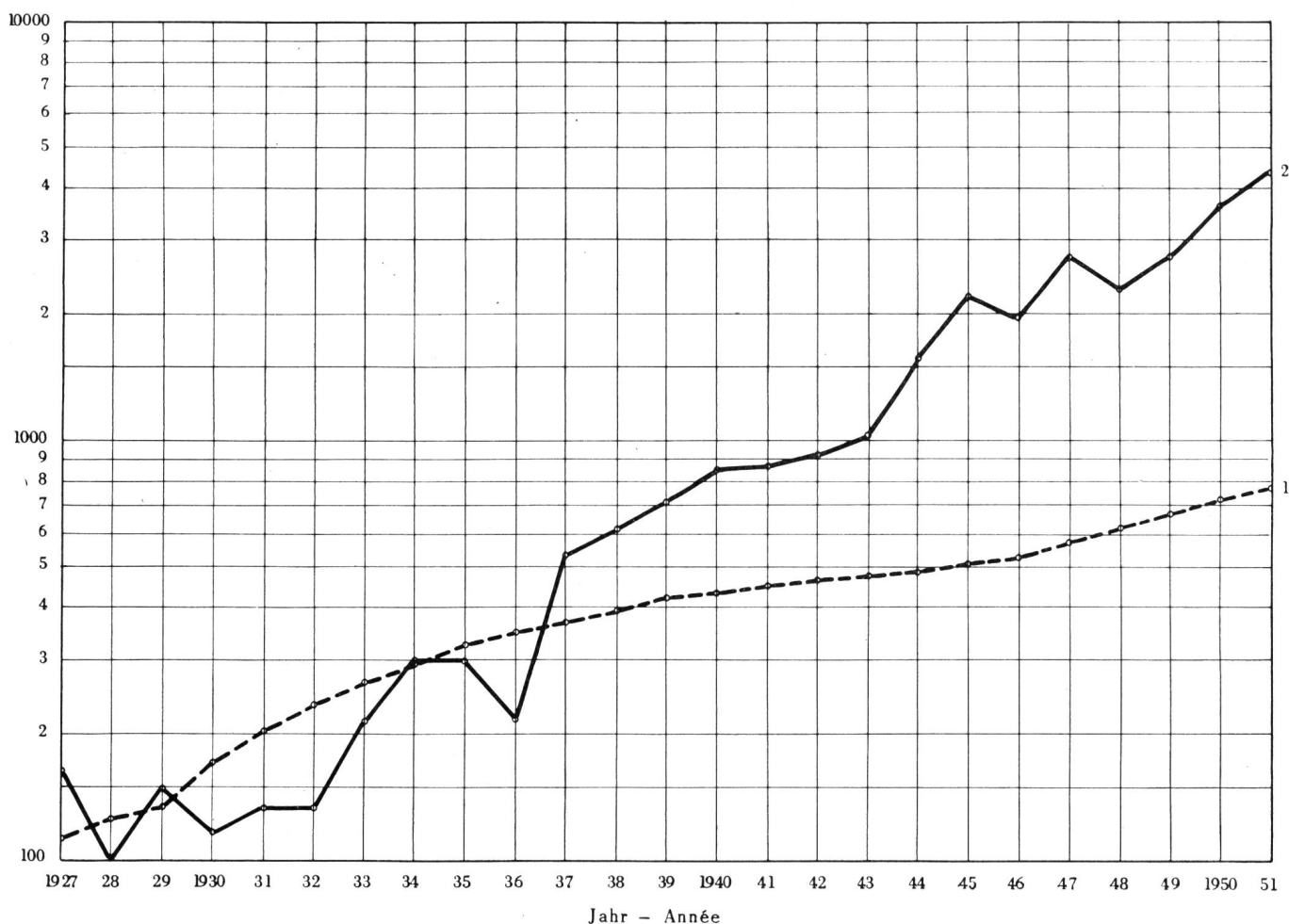


Fig. 20. Relative Zunahme der Kabelfehler durch Korrosion – Augmentation relative du nombre des défauts causés par la corrosion

- 1 Zunahme der Kabellänge (1926 = 100%)
Augmentation de la longueur des câbles (1926 = 100%)
- 2 Zunahme der Kabelfehler durch Korrosion (bis 1926 6 Fehler = 100%)
Augmentation du nombre de défauts dus à la corrosion (jusqu'en 1926 6 défauts = 100%)

Die Fälle mit «unbekannter Ursache» werden sich in den nächsten Jahren noch mehr, da auf die Auswechslung und Reparatur von defekten Kabeln, die unter teuren Strassenbelägen liegen, aus Kostengründen verzichtet werden muss. Diese Schäden werden infolgedessen als «unbekannt» taxiert.

Die Summe der Korrosionsschäden stieg nach 5 Jahren von 10 auf 40; nach 10 Jahren auf 110; nach 15 Jahren auf 324 Fälle; nach 20 Jahren auf 796 und nach 25 Jahren auf total 1747. Genauerer Aufschluss gibt die Figur 19, wo, ausser der Zahl der Korrosionsschäden, auch die ausgelegten Kabellängen, die Trasselängen sowie die Höhe der Reparaturkosten als Funktion der Zeit aufgetragen sind.

Die Zahl der durch Korrosion verursachten Kabelfehler steigt rasch an. Die Kurven in Figur 20 zeigen deutlich die relative Zunahme im Vergleich zur ausgelegten Kabellänge. In der Darstellung haben wir die entsprechenden Werte bis Ende 1926 mit 100% eingesetzt. In der gleichen Zeit, in der die Kabellänge 7,65mal grösser geworden ist, ist die Zahl der Kabelfehler auf den 44,3fachen Wert gestiegen.

plètes et la partie attaquée n'ayant pas été envoyée au service spécialisé.

Le nombre des cas dans lesquels la cause du défaut reste inconnue ira en augmentant au cours des années qui viennent, car on a dû renoncer, à cause des frais, à remplacer ou réparer des câbles défectueux placés sous des chaussées à revêtement coûteux. Les défauts qui les affectent sont par conséquent classés sous la rubrique «causes indéterminées».

Le nombre des cas de corrosion a passé, de dix qu'il était au début, à 40 au bout de cinq ans, à 110 au bout de dix ans, à 324 après quinze ans, à 796 après vingt ans et enfin à 1747 au terme de la période de vingt-cinq ans. Les courbes de la figure 19 donnent des renseignements plus précis; outre les cas de corrosion, elles indiquent la longueur des câbles posés, la longueur des tracés et le montant des frais de réparation en fonction du temps.

Les défauts de câbles causés par la corrosion augmentent rapidement. Les courbes de la figure 20 montrent clairement l'augmentation relative par rapport à la longueur des câbles posés. Les chiffres

Die Fehlerzahl steigt also wesentlich rascher, als dies proportional zur Zunahme der Kabellänge der Fall sein sollte, was ganz eindeutig ein Zeichen der Alterung ist. Zum Teil ist diese Erscheinung auch darauf zurückzuführen, dass im Laufe der letzten Jahre am gleichen Kabel, auf grössere Strecken verteilt, mehrere Fehler auftraten.

Von den 1747 Korrosionsschäden entfallen 1629 = 93,25 % auf kleine Kabel, d. h. auf 2×2 bis 40×2 mit Bleimanteldicken von 1,5...2 mm; nur 118 = 6,75 % entfielen auf grössere Kabel mit 2,5...3 mm starken Bleimänteln. Die Werte erfuhren gegenüber der früheren Statistik eine ganz geringfügige Abweichung von 0,75 %. Diese Erscheinung rührt nicht unbedingt allein davon her, dass Kabel mit einer Bleimanteldicke von mehr als 2 mm gegenüber korrosiven Angriffen weniger empfindlich sind, sondern weil diese grösseren Kabel hauptsächlich in Rohrkanalanlagen oder in Stadtgebieten verlegt werden und demzufolge weitgehend geschützt sind, wie die nachfolgenden Ausführungen noch beweisen.

Von den 1332 Schadenfällen an im Erdboden verlegten Kabeln, die wir unter rein chemischer, Phenol- und elektrolytischer Korrosion klassierten, waren 1293 = 96,9 % in Zoresisenkanälen, 20 = 1,5 % in Zementsteinkanälen oder kurzen Zementrohren, 8 = 0,6 % in Kellerräumen unter Kulissenisen und 14 = 1 % in Einsteig- oder gewöhnlichen Kabelschächten; in den Rohrkanalisationen selbst haben wir bisher keine Korrosionsschäden festgestellt. Die sehr grosse Häufigkeit der Fehler in Zoreskanälen ist auf die für den Korrosionsschutz ungünstigen Verhältnisse zurückzuführen, die durch die längshalbierten Eisenkanäle geschaffen werden. Bei diesen können Wasser und Schlamm sehr leicht eindringen und im Kanal liegenbleiben; ausserdem ist genügend Sauerstoff vorhanden, wodurch die besten Vorbedingungen für das Entstehen von Korrosionsschäden geschaffen sind. Dies beweist uns auch die Tatsache, dass an den seit 1932 immer mehr verlegten bandarmierten Kabeln bis 1951 noch kein einziger Korrosionsschaden gemeldet wurde.

Im weiteren haben wir aus verschiedenen Rohrkanalanlagen Kabel ausgezogen und sie auf Korrosionsspuren untersucht. Die Untersuchungsergebnisse zeigten, dass wohl Korrosionsangriffe festgestellt werden konnten, dass aber die Geschwindigkeit des Angriffs gegenüber demjenigen eines Kabels im Zoreskanal als etwa 1 : 50 bis 1 : 100 angenommen werden darf. Den Grund dafür vermuten wir darin, dass einerseits die Juteumhüllung unter der Zugdrahtarmatur kompakter zusammengehalten wird als bei gewöhnlichen, nicht armierten Kabeln und dass andererseits die Rohranlagen ziemlich wasserdicht gebaut sind und kein Schlamm eingeschwemmt werden kann.

Die folgende *Tabelle VI* zeigt noch die Aufteilung der Fehler auf Orts-, Bezirks- und Fernkabel. Von den 1747 Schäden entfallen 1542 = 88,3 % auf Orts-

à la fin de l'année 1926 sont considérés comme égaux à 100 %. Alors que la longueur des câbles s'accroissait de 7,65 fois, le nombre des défauts passait à 44,3 fois le chiffre primitif. Ce nombre augmente proportionnellement dans une beaucoup plus grande mesure que la longueur des câbles, ce qui est sans aucun doute un signe de vieillissement. Pour une part, cette augmentation est due au fait qu'au cours des dernières années, un seul et même câble a pu être affecté de plusieurs défauts répartis sur de grandes distances.

Des 1747 cas de corrosion constatés, 1629, soit 93,25 %, ont affecté de petits câbles 2×2 à 40×2 dont la gaine de plomb a une épaisseur de 1,5...2 mm, et 118 seulement, soit 6,75 %, des câbles plus importants dont la gaine a 2,5...3 mm d'épaisseur. Ces valeurs n'ont que très peu varié (0,75 %) par rapport à la statistique précédente. Il n'en faut pas conclure forcément que les câbles dont la gaine a une épaisseur de plus de 2 mm sont moins exposés à la corrosion, mais, du fait qu'ils sont généralement posés dans des canalisations en tuyaux ou à l'intérieur des villes, ils sont mieux protégés, ce que prouvent les indications qui suivent.

Des 1332 cas de détérioration de câbles dus à la corrosion purement chimique, à la corrosion sous l'effet du phénol et à la corrosion électrolytique, 1293, soit 96,9 %, se sont produits à des câbles posés dans des caniveaux zorès, 20 (1,5 %) à des câbles placés dans des caniveaux en plots ou en courts tuyaux de ciment, 8 (0,6 %) sous des fers à coulisse installés dans des caves et 14 (1 %) dans des chambres d'accès ou des chambres de câbles ordinaires; aucun défaut dû à la corrosion n'a été constaté jusqu'ici à des câbles placés dans des canalisations en tuyaux. La fréquence très élevée des cas de corrosion dans les caniveaux zorès provient des mauvaises conditions que présentent les caniveaux en fer partagés dans le sens de la longueur. L'eau et le limon peuvent y pénétrer très facilement et s'y maintenir. Comme, d'autre part, l'oxygène s'y trouve en suffisance, toutes les conditions sont réunies pour faciliter la corrosion. C'est ce que prouve le fait qu'aucun cas de corrosion n'a été signalé jusqu'en 1951 aux câbles armés de feuillard qui sont de plus en plus posés depuis 1932.

En outre, des câbles ont été retirés de canalisations en tuyaux et examinés quant aux traces de corrosion qu'ils pouvaient présenter. Des attaques par la corrosion ont été constatées, mais leur vitesse de pénétration n'atteint que 1:50...1:100 de celle des attaques auxquelles sont exposés les câbles dans les caniveaux zorès. On suppose que, d'une part, l'enveloppe de jute qui se trouve sous l'armure en fils métalliques est maintenue plus compacte que dans les câbles ordinaires non armés et que, d'autre part, les canalisations en tuyaux sont assez étanches pour que le limon ne puisse y pénétrer.

Le *tableau VI* montre la répartition des défauts entre les câbles locaux, ruraux et interurbains. Des 1747 cas de corrosion, 1542, soit 88,3 %, affectent des

Tabelle VI. Aufteilung der Fehler auf Orts-, Bezirks- und Fernkabel
 Tableau VI. Répartition des défauts entre les câbles locaux, ruraux et interurbains

Fehlerart Catégorie	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b
Rein chemische Korrosion – Corrosion chimique	5 —	1 —	6 —	— —	3 —	— —	5 —	5 —	4 1	3 —	6 —	6 —
Phenolkorrosion – Corrosion par l'effet du phénol											1 —	1 1
Elektrolytische Korrosion – Corrosion électrolytique...	4 1	4 —	1 2	3 —	2 —	2 —	2 —	2 —	5 —	2 —	10 —	4 2
Ermüdungsbrüche – Rup- turen dues à la fatigue	— —	1 —	— —	3 1	3 —	1 —	1 5	6 4	7 1	3 5	8 6	17 6
Fehler unbekannter Ur- sache – Défauts d'origine inconnue	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1 —	— —	— —	— —	— —

Fehlerart Catégorie	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951
	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b
Rein chemische Korrosion – Corro- sion chimique	12 1	14 1	10 2	10 2	16 —	17 1	19 2	22 1	20 —	18 1	21 3	16 2	20 1
Phenolkorrosion – Corrosion par l'ef- fet du phénol	5 —	6 2	5 —	14 1	17 1	28 5	50 8	40 7	77 8	60 5	72 6	94 18	114 13
Elektrolytische Korrosion – Corro- sion électrolytique	9 —	12 —	16 1	12 3	16 1	— —	32 2	23 1	30 —	27 —	38 1	45 —	53 1
Ermüdungsbrüche – Ruptures dues à la fatigue.....	14 2	11 4	9 2	6 1	10 3	13 5	7 9	10 4	15 3	15 6	12 4	31 6	37 13
Fehler unbekannter Ursache – Défauts d'origine inconnue	— —	1 —	7 —	5 1	6 1	5 —	4 —	8 1	11 —	4 1	10 —	4 1	12 2

a = Teilnehmerkabel – Câbles d'abonnés; b = Fern- und Bezirkskabel – Câbles interurbains et ruraux

kabelanlagen und 205 = 11,7% auf Bezirks- und Fernkabelanlagen.

Von grossem wirtschaftlichem Interesse sind die Kosten für die Reparatur der Korrosionsschäden. Diese sind in Figur 19 aufgetragen. Im Jahr 1926 betrugen sie Fr. 1920.—, 1936 Fr. 5000.—, 1946 Fr. 52 737.— und im Jahr 1951 Fr. 195 940.—. Das sind 0,22% der Unterhaltskosten (ohne Korrosionsschädenbehebung) für Kabelanlagen im Jahr 1926, 0,79% derjenigen von 1936, 5,05% im Jahr 1946 und 13,75% derjenigen im Jahr 1951, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, dass durch die starke Bautätigkeit in den Nachkriegsjahren der Unterhalt etwas zurückgestellt werden musste. In diesen Zahlen sind die Beträge für Gesprächsausfall und Wertverminderung der Anlagen nicht inbegriffen.

Die folgende Figur 21 zeigt die Zunahme der Kabelfehler pro 100 km Kabellänge. Während in den Jahren 1927...1937 die Fehlerzahl auf 100 km Kabellänge ziemlich konstant blieb, steigt diese in den letzten

câbles locaux et 205, soit 11,7%, des câbles ruraux et interurbains.

Les dépenses nécessitées par la réparation des défauts présentent un grand intérêt du point de vue économique. Elles ressortent des courbes de la figure 19. En 1926, elles étaient de 1920 francs, en 1936 de 5000 francs, en 1946 de 52 737 francs et en 1951 de 195 940 francs. Ces montants représentent 0,22% du total des frais d'entretien (sans la réparation des défauts dus à la corrosion) des installations de câbles en 1926, 0,79% en 1936, 5,05% en 1946 et 13,75% en 1951. Il convient de relever toutefois qu'immédiatement après la guerre, on dut quelque peu négliger l'entretien du fait de l'activité intense qui régnait dans la construction. Dans ces chiffres ne sont pas compris les montants pour pertes de conversations et diminution de la valeur des câbles.

Les courbes de la figure 21 montrent l'augmentation du nombre des défauts par 100 km de câble. Alors qu'il est resté à peu près le même entre 1927

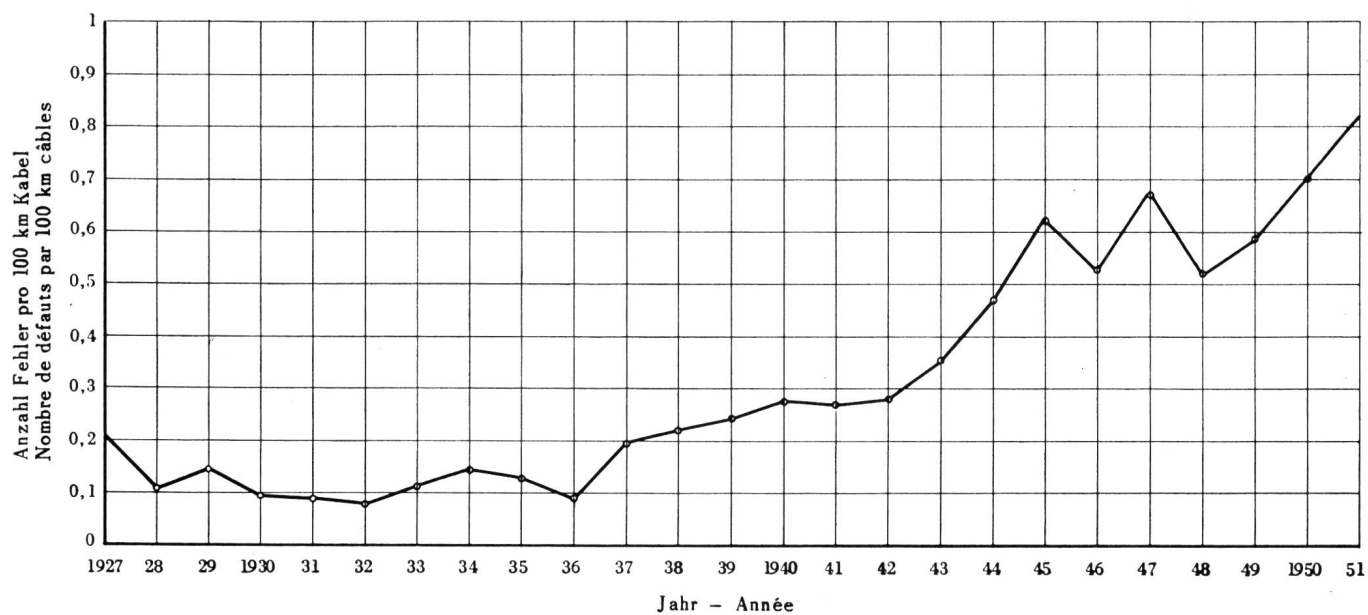


Fig. 21. Zunahme der Korrosionsschäden je 100 km Kabellänge
Augmentation du nombre des défauts dus à la corrosion par 100 km de longueur de câble

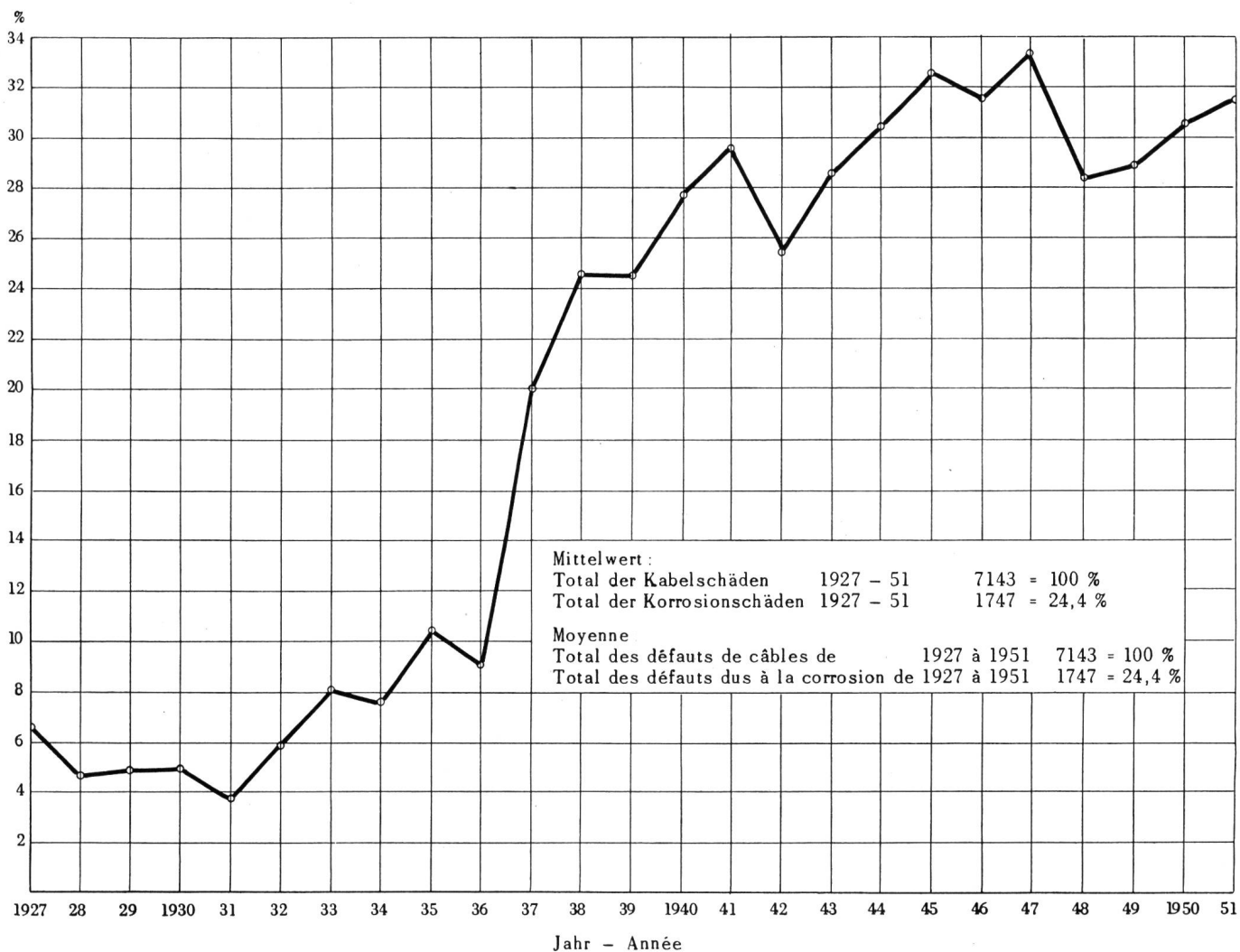


Fig. 22. Zunahme der Korrosionsschäden in Prozenten der Gesamtzahl der Schäden pro Jahr
Augmentation du nombre des défauts dus à la corrosion en pour-cent du nombre annuel total des défauts

14 Jahren stark an. Bald wird die Grenze von 1 Fehler je 100 km Kabellänge überschritten sein.

Die Figur 22 zeigt die Zunahme des prozentualen Anteils der Korrosionsfehler an der Gesamtzahl der Kabelfehler. Von allen auftretenden Schadenfällen waren in den letzten zehn Jahren etwa 30 % auf Korrosionen zurückzuführen. Diese Zahl wird sich in nächster Zeit eher noch vergrößern, da, wie im folgenden noch gezeigt wird, die Phenolkorrosionen sehr stark ansteigen. Der arithmetische Mittelwert über die Zeitdauer von 25 Jahren beträgt 24,4 %.

Ausscheidung nach den einzelnen Korrosionsarten

Entsprechend den Ergebnissen der angestellten Untersuchungen haben wir die 1747 Korrosionsschäden nach den bereits früher erwähnten Korrosionsarten ausgeschieden.

Die nachstehenden Zusammenstellungen sowie die Figuren 23...27 geben Aufschluss über die Ausscheidung und die jährliche Verteilung.

Korrosionsart	Zahl der Schäden
Korrosion durch Baumaterialien	22
Bodenkorrosion	68
Korrosion durch bodenfremde Stoffe	192
Phenolkorrosion	659
Elektrolytische Korrosion durch Fremdströme	272
Elektrolytische Korrosion durch Elementbildung	119
Ermüdung an Luftkabeln	142
Ermüdung an Erdkabeln	188
Unbestimmte Schadenfälle	85

Bei den Korrosionen durch bodenfremde Stoffe ist die Ausscheidung nach folgenden Ursachen möglich:

Korrosionsursache	Zahl der Schäden
Jauche und Urin	58
Abwasser aus Kanalisationen	43
Leuchtgas (Gasrohrbruch, dadurch Eindringen von Leuchtgas in die Kabelkanalisationen)	8
Abwasser aus Molkereien	3
Säuren aus Fabrikbetrieben und Salzlagern in Kellern	2
Karbidrückstände	1
Schutzmuffendichtungspolster	70

et 1937, il s'est fortement accru au cours des 14 dernières années. La proportion de 1 défaut par 100 km de longueur de câble sera bientôt dépassée.

A la figure 22, les courbes montrent comment la proportion des défauts dus à la corrosion a augmenté par rapport au nombre total des défauts. De l'ensemble des détériorations signalées pendant les dix dernières années, 30 % étaient imputables à la corrosion. Ce chiffre aura plutôt tendance à augmenter, car, comme nous le démontrons plus loin, les corrosions par l'effet du phénol suivent une courbe fortement ascendante. La moyenne arithmétique pour la période de vingt-cinq ans considérée est de 24,4 %.

Répartition des défauts suivant les genres de corrosion

Après examen, on a réparti les 1747 défauts causés par la corrosion suivant les genres déjà mentionnés. Les tableaux qui suivent et les figures 23...27 donnent la répartition par genre et par année.

Genre de corrosion	Nombre des cas
Corrosion par des matériaux de construction	22
Corrosion due au sol	68
Corrosion par des matières étrangères au sol	192
Corrosion par l'effet du phénol	659
Electrolyse par des courants électriques	272
Electrolyse par formation d'éléments	119
Ruptures dues à la fatigue (câbles aériens)	142
Ruptures dues à la fatigue (câbles souterrains)	188
Cas indéterminés	85

Les cas de corrosion par des matières étrangères au sol peuvent être répartis suivant les causes ci-après:

Cause	Nombre des cas
Présence de purin et d'urine	58
Fuites de canalisations d'égouts	43
Ruptures de conduites de gaz d'éclairage et pénétration du gaz dans la canalisation	8
Eaux usées de laiteries	3
Acides provenant de fabriques et de dépôts de sel dans des caves	2
Résidus de carbure de calcium	1
Bourre humide de joints de manchons protecteurs	70

Figur 23 veranschaulicht die Zahl der durch rein chemische Korrosion verursachten Fehler, d. h. ohne die als Phenolkorrosion bezeichneten. Diese Korrosionsart gibt zu keinen Befürchtungen Anlass, da sie sich in ihrer Jahressumme ziemlich konstant verhält und im gesamten nur wenig Schäden verursacht.

La figure 23 indique le nombre des défauts dus à la corrosion purement chimique, c'est-à-dire sans les défauts considérés comme étant dus à l'effet du phénol. Ce genre de corrosion ne donne pas lieu à des craintes, car le nombre annuel des cas demeure relativement constant et les dégâts causés sont

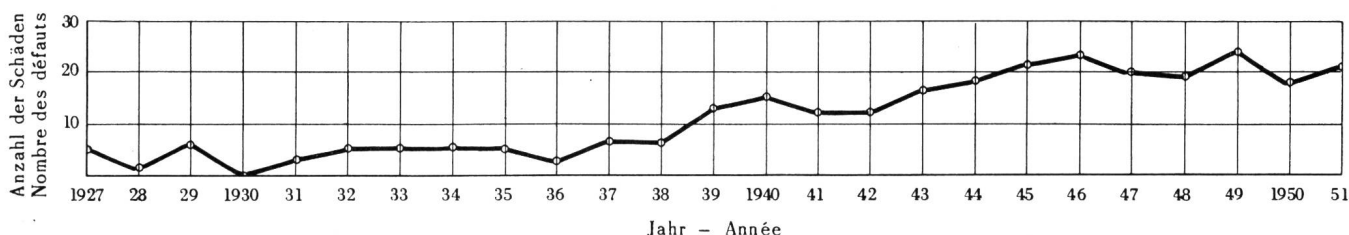


Fig. 23. Rein chemische Korrosion (ohne Phenolkorrosion)
Corrosion purement chimique (sans la corrosion par l'effet du phénol)

Ausserdem kann sie beim Bau der Anlagen verhältnismässig leicht verhindert werden.

In den in Figur 23 dargestellten Zahlen sind enthalten:

Korrosion durch Baumaterialien, die ausschliesslich auf die Ausscheidung von Kalk aus dem Zementmörtel oder Beton zurückzuführen sind. Sie sind hauptsächlich in den Fundamentdurchführungen von Kabelüberführungsmasten, in Kabelschächten und bei Kabeleinführungen in Neubauten aufgetreten.

Die *Bodenkorrosionen* sind in den meisten Fällen in Lehm- oder Moorböden festgestellt worden. Die Korrosionen dieser Art schreiten langsam vorwärts. Durch den Zoreskanal kann korrosiver Schlamm von weither eingeschwemmt werden und in einer Mulde einen Angriff hervorrufen, ohne dass an dieser Stelle der Boden aggressiv sein muss. Obwohl Kabel in stark kalkhaltigen Böden sehr zur Korrosion neigen, treten im Gebiet des Jurakalkes verhältnismässig wenig Schäden auf. Es ist dies vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Kabel in diesen Gegenden meist trocken liegen.

Korrosion durch bodenfremde Stoffe. Die grösste Zahl dieser Korrosionsschäden ist durch Jauche oder Urin verursacht worden. Kabel, die in der Nähe von Miststöcken vorbeiführen, sind besonders gefährdet. Das Kabel wird deshalb in deren Bereich durch säurefeste Steinzeugrohre geschützt. Eine weitere Kategorie bildet die Einwirkung von Abwässern aus undichten Kanalisationen. Das Abwasser verläuft dann im Erdboden und wird vom Zoreskanal wie durch eine Drainageröhre aufgenommen. Eine weitere Korrosionsart bildet der Einfluss von Leuchtgas. In einigen Fällen wurde festgestellt, dass durch undichte Gasleitungen ausströmendes Gas sich im Boden in den Zoreskanälen sammelt und zusammen mit der Feuchtigkeit das Bleikabel angreift. Der Kabelmantel zerfällt dabei fast vollständig in Bleikarbonat. Korrosionen durch andere bodenfremde Stoffe, wie Säuren aus Fabrikbetrieben, Karbidrückstände, Ameisensäure usw., sind seltenere Fälle. Eine besondere Ursache von Korrosionen bilden die sogenannten Muffendichtungspolster, wie sie besonders in den Jahren 1934...1938 verwendet wurden. Durch die Benützung der sogenannten *Densomasse* für den Abschluss der Schutzmuffen, anstelle von gefetteten Jutestrieken, wird diese Schadenursache nach dem Auswechseln der alten Muffendichtungspolster in den nächsten Jahren abnehmen, um mit der Zeit ganz zu verschwinden.

Die Korrosionen unter der Einwirkung von Phenol wurden erst im Jahre 1937 als solche erkannt. Sie sind heute mit 659 Fällen am stärksten vertreten und nehmen, wie aus der Figur 24 deutlich hervorgeht, von Jahr zu Jahr rasch zu.

So waren im Jahr 1951 allein von den insgesamt 266 Korrosionsfällen 127 Fälle = 48% auf die Phenolkorrosion zurückzuführen. Obwohl den Kabelfabriken seit dem Jahre 1947 vorgeschrieben wurde, dass

minimes. En outre, il est facile de la prévenir déjà dès l'établissement des installations.

Les chiffres de la figure 23 se rapportent à:

La *corrosion par des matériaux de construction*, provenant uniquement de la sécrétion de chaux par le mortier au ciment ou par le béton. Elle se produit surtout dans les fondations des pylônes de transition, dans les chambres de câbles et aux introductions de câbles dans des bâtiments neufs.

La *corrosion due au sol*, constatée surtout dans les sols argileux ou marécageux. Les attaques progressent lentement. Du limon corrosif peut être transporté à d'assez grandes distances dans les caniveaux zorès et corroder l'enveloppe au point le plus bas du caniveau sans qu'à cet endroit le sol lui-même soit corrosif. Bien que les terrains fortement calcaires puissent provoquer la corrosion, on ne relève que peu de cas dans la région du calcaire jurassique, probablement du fait que dans cette région les câbles traversent un terrain plutôt sec.

La *corrosion par des matières étrangères au sol*. Les cas les plus nombreux sont dus à la présence de purin ou d'urine. Les câbles qui passent à proximité de tas de fumier y sont particulièrement exposés. A ces endroits-là, on les protège par des tuyaux de grès résistant aux acides. Dans d'autres cas, les détériorations sont causées par les eaux usées s'écoulant de canalisations non étanches. Ces eaux se répandent dans le sol et sont captées par le caniveau zorès agissant comme un drain. Il faut citer aussi les corrosions provoquées par le gaz d'éclairage. On a constaté dans plusieurs cas que le gaz s'échappant de conduites souterraines non étanches se rassemble dans les caniveaux zorès et, ajoutant son effet à celui de l'humidité, attaque le plomb de la gaine du câble qui est transformé presque entièrement en carbonate de plomb. Les autres cas de corrosion par des matières étrangères au sol, tels les acides provenant de fabriques, les résidus de carbure de calcium, l'acide formique sont extrêmement rares. La bourre humide de joints de manchons protecteurs, telle qu'on l'a utilisée surtout de 1934 à 1938, est la cause d'un certain nombre de défauts. L'emploi de bande *Denso* à la place de corde de jute graissée, lors de l'échange des bourres, fera disparaître peu à peu cette cause de défauts.

La *corrosion par l'effet du phénol* n'a été reconnue qu'en 1937. Ce genre de corrosion est de beaucoup le plus fréquent; on a enregistré jusqu'ici 659 cas, mais la progression est rapide, comme le montre la figure 24. En 1951, sur 266 cas de corrosion, 127, soit 48%, étaient dus à l'action du phénol.

Bien que, selon les instructions données aux câbleries en 1947, la matière d'imprégnation des câbles ne doit pas contenir plus de 0,001% de phénol, on constate toujours des corrosions de ce genre à des câbles fabriqués après 1947. Vu l'augmentation constante du nombre de ces défauts, on a entrepris des

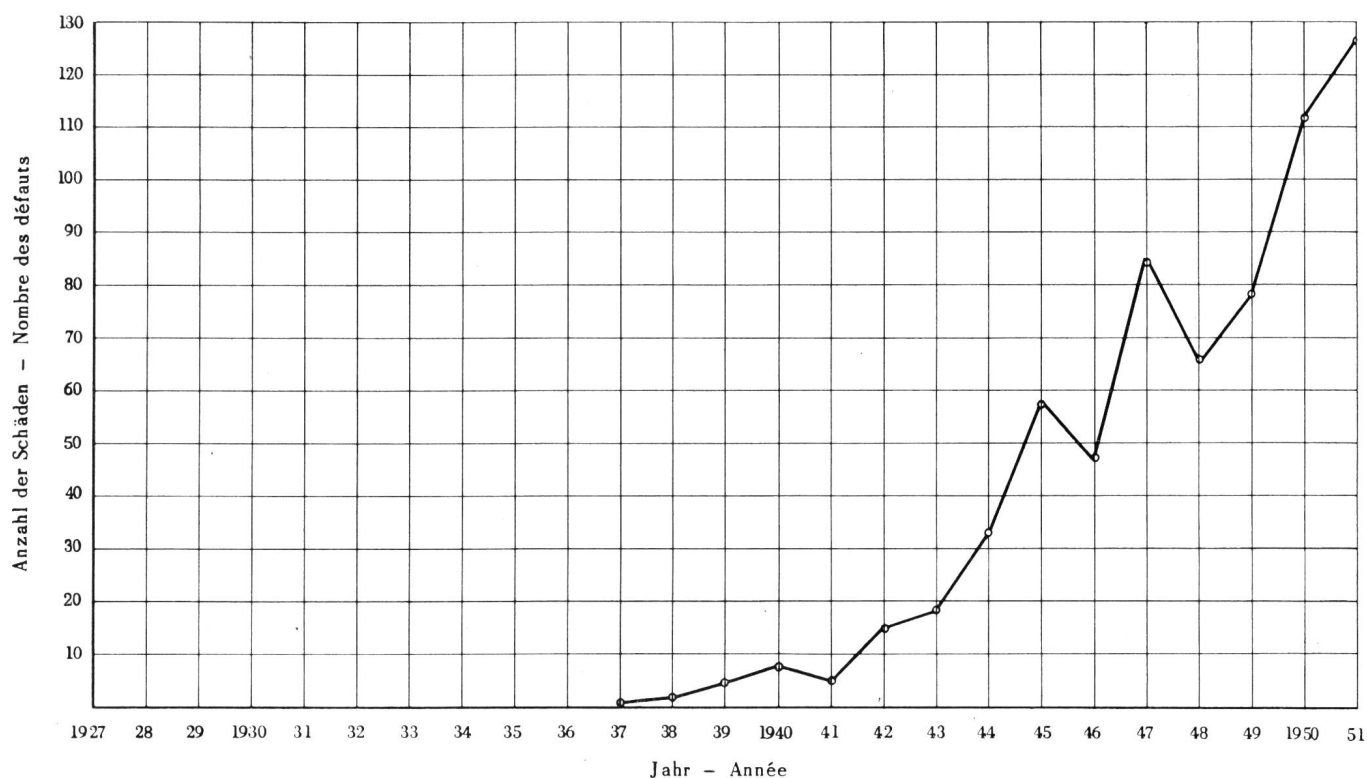


Fig. 24. Phenolkorrosion - Corrosion par l'effet du phénol

in der Kabelimprägnierungsmasse im Maximum ein Phenolgehalt von 0,001 % als zulässig erachtet werde, treten immer wieder Korrosionen dieser Art auf, leider auch an solchen Kabeln, die nach dem Jahr 1947 fabriziert wurden. Da die durch diese Korrosionsart verursachten Schäden derart rasch zunehmen, haben wir eingehende Untersuchungen veranlasst, deren Resultate, die leider heute noch ausstehen, Aufschluss geben sollen, ob die Wirkung der Phenole chemischer oder katalytischer Natur sind, welche Phenole für Blei gefährlich sind und welcher Phenolgehalt als zulässig betrachtet werden kann.

Die Zahl der *elektrolytischen Korrosionen* für die einzelnen Jahre ist in Figur 25 dargestellt. Die Ausscheidung der Fehler in «elektrolytische Korrosion durch *Fremdströme*» zeigt, dass dieselben hauptsächlich an Kabelanlagen älteren Datums auftreten. Die

essais approfondis, dont les résultats ne sont pas encore connus, pour déterminer si l'action des phénols est de nature chimique ou catalytique, quels phénols sont dangereux pour le plomb et quelle teneur en phénol peut être considérée comme admissible.

Le nombre des cas de *corrosion électrolytique* est donné pour chaque année par la courbe de la figure 25. La répartition d'après les causes montre que la corrosion par des *courants électriques* affecte surtout les anciennes installations de câbles. Il est souvent très difficile de déterminer l'origine des attaques, car les conditions se sont profondément modifiées au cours des dernières années et les attaques caractéristiques de la corrosion électrolytique sont effacées par l'effet de la corrosion chimique, qui agit plus lentement. Ainsi, de nombreux cas de corrosion électrolytique sont apparus dans des villes où existaient autrefois

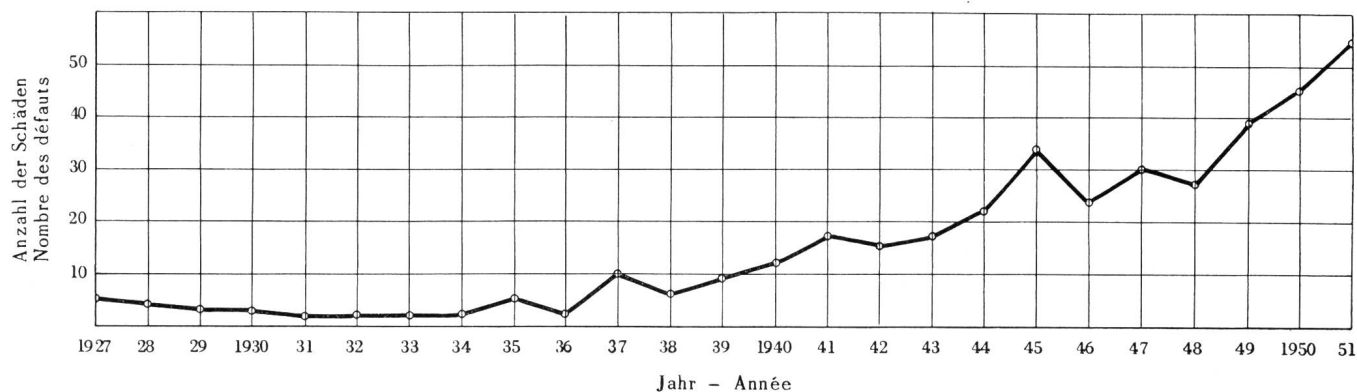


Fig. 25. Zahl der Fälle von elektrolytischer Korrosion pro Jahr - Nombre des cas de corrosion électrolytique, par année

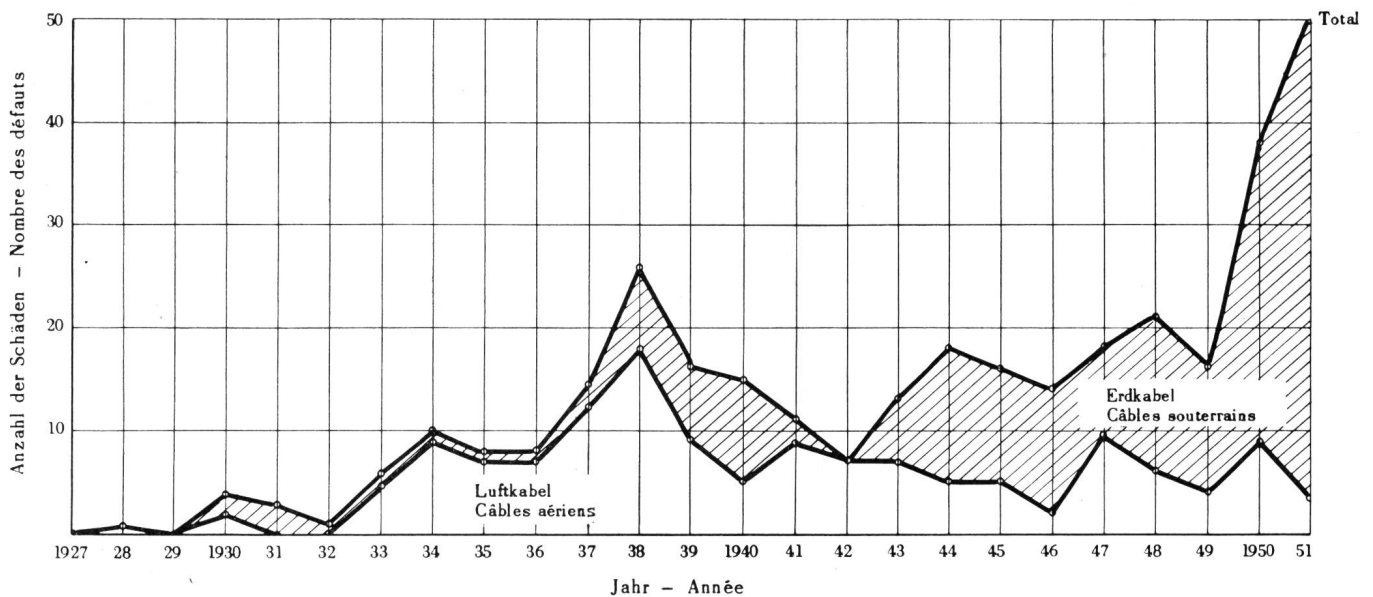


Fig. 26. Ermüdungsbrüche — Ruptures dues à la fatigue

Ursache ist in vielen Fällen schwer zu erkennen, da sich die Verhältnisse in den letzten Jahren stark geändert haben und die charakteristischen Anfressungen der elektrolytischen Korrosion durch die nachfolgend langsam wirkende, rein chemische Korrosion verwischt wurden. So sind viele elektrolytische Korrosionen in Städten aufgetreten, wo früher Gleichstromnetze anstelle der heutigen Wechselstromnetze bestanden. Im Laufe der Jahre wurden, dank dem intensiven Einsatz der Kontrollstelle der Korrosionskommission des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, die Schienen der Gleichstrombahnen an den Stoßstellen verschweisst, und dadurch wurde die Leitfähigkeit für den Stromrückfluss erhöht. Strassenbahnen wurden teilweise aufgehoben und durch Trolleybusse ersetzt. Neue Anlagen im Bereiche von Gleichstrombahnen haben wir heute weitgehend durch elektrische Drainageeinrichtungen geschützt. Die elektrolytische Korrosion, verursacht durch Fremdströme, wird in den nächsten Jahren, nach Ausmerzung der alten Schadenfälle, vermutlich abnehmen.

Die elektrolytischen Angriffe durch Elementbildung sind hauptsächlich auf die Potentialdifferenzen zwischen Kupfer und Blei bei der zusätzlichen Erdung der Kabel zurückzuführen, wobei das Blei als unedleres Metall in Lösung geht. Durch die immer häufigere Verwendung des Bleikabels unter Vermeidung von Kupferplatten als Erdelektroden, werden die Schäden dieser Art nicht weiter ansteigen. Wo ein Kabel noch zusätzlich geerdet werden muss, sind an Stelle von Kupferplatten Eisen- oder Bleiplatten zu verwenden.

Figur 26 zeigt die Zahl der Schäden, deren Ursache *Ermüdungsbrüche* sind. Die Zahl der Fehler an Luftkabelanlagen der früheren Bauweise, Kabel mit Briden am Tragseil aufgehängt, wird immer kleiner. Diese alten Anlagen werden nach und nach

des réseaux de distribution à courant continu, remplacés aujourd'hui par des réseaux à courant alternatif. Durant ces dernières années, grâce aux travaux de la Commission de corrosion de l'Association suisse des électriciens, on a supprimé de plus en plus les joints de rail des chemins de fer à courant continu et posé des rails soudés qui conduisent mieux le courant de retour. Des lignes de tramway ont été supprimées et remplacées par des services de trolleybus. Les nouvelles installations situées à proximité de chemins de fer à courant continu sont presque toujours protégées par des dispositifs de drainage électrique. Il est donc permis d'admettre que les cas de corrosion électrolytique par des courants étrangers à l'exploitation téléphonique iront en diminuant après qu'on aura éliminé les anciens défauts.

Les *électrolyses par formation d'éléments* résultent surtout des différences de potentiel existant entre le cuivre et le plomb dans les mises à terre supplémentaires des câbles; le plomb, en tant que métal moins noble, est désagrégé. Grâce à l'emploi toujours plus répandu des gaines de plomb des câbles comme électrodes de terre, à l'exclusion des plaques de cuivre, les défauts de ce genre n'augmenteront pas. Lorsqu'un câble doit recevoir une jonction supplémentaire avec la terre, on doit utiliser à cet effet des plaques de fer ou de plomb au lieu de plaques de cuivre.

Les courbes de la figure 26 indiquent le nombre de *ruptures dues à la fatigue*. La statistique montre une nette diminution des défauts affectant les câbles aériens installés suivant l'ancien système (câble téléphonique fixé par des brides au câble porteur). Ces anciennes installations sont remplacées peu à peu par des câbles souterrains. On ne saura que plus tard si, du fait du nouveau mode de suspension des câbles aériens (câbles autoporteurs ou attachés à un câble porteur par un fil enroulé en hélice), le nombre des ruptures dues à la fatigue ira de nouveau en progres-

durch Erdkabel ersetzt. Ob die Zahl der Ermüdungsbrüche durch die neuen Bauweisen, wie selbsttragende oder mit einem spiralförmig angebrachten Bindedraht an ein Tragseil befestigte Kabel, wieder zunimmt, wird die Zukunft lehren. Die Widerstandsfähigkeit gefährdeter Kabel wird neuerdings durch einen Antimonzusatz im Blei des Kabelmantels erhöht. Weit schlimmer ist die Zunahme der Ermüdungsbrüche an Erdkabeln. Dabei ist die Zahl der Schäden an Brückenkabeln im Abnehmen. Die Ermüdungserscheinungen an Kabeln in Spleißschächten nehmen hingegen rasch zu. Die Zusammenstellung der letzten zwei Jahre zeigt, dass von 87 Ermüdungsbrüchen 12 Fälle auf Luftpfeiler, 21 auf Brückenkabel und 54, also 62 %, auf Kabel in Schächten oder an Stützmauern entfallen. In allen diesen Fällen traten Risse direkt beim Übergang vom Kabel zur Muffe auf. Die Ursache ist in den Erschütterungen durch den immer grösser werdenden Strassenverkehr zu suchen. Die Fehler treten in den meisten Fällen dort auf, wo durch die Lötung der Muffe und der dadurch bedingten starken Erwärmung des Kabels unmittelbar daneben die kristalline Struktur des Bleis verändert wurde. Als Abhilfe sind die Muffen vermehrt auf Eternitplatten zu lagern, anstatt sie zwischen den Muffengestellen frei schweben zu lassen.

Die *Schäden unbestimmter Ursache* nehmen, wie Figur 27 zeigt, leicht zu. Es ist dies, wie schon erwähnt, darauf zurückzuführen, dass die Ursachen des Fehlers zu wenig genau untersucht und gemeldet oder der defekte Bleimantel nicht eingesandt wurde.

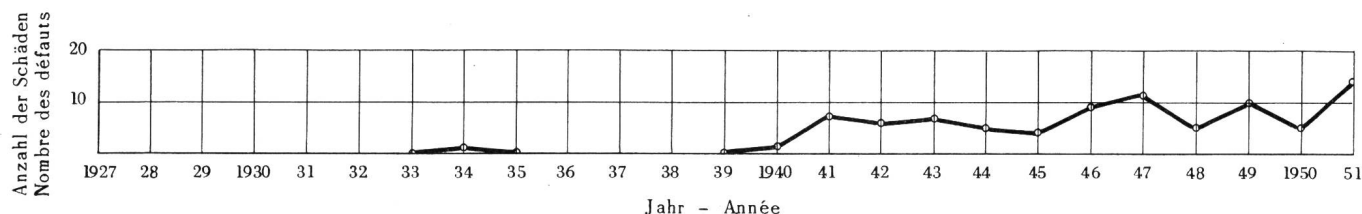


Fig. 27. Fehler unbestimmter Ursache - Défauts dus à des causes indéterminées

6. Die mittlere Lebensdauer der Kabelmäntel

Nach allen diesen Angaben dürfte es interessieren, ob gegenüber der früheren Statistik die Lebensdauer der Kabel bis zum Durchbruch des Bleimantels geändert hat. Für die einzelnen Korrosionsarten wurde die mittlere Lebensdauer unter Bildung der Summenhäufigkeitskurven bestimmt. Die Resultate sind in *Tabelle VII* zusammengefasst.

Diese Zahlen sowie die Kurven der Figuren 28...32 zeigen, mit was für Verhältnissen in der Praxis gerechnet werden kann. Sie zeigen weiter, dass, gegenüber den früheren Zusammenstellungen, die Zeitdauer bis zum Durchbruch des Bleimantels um einige Jahre nach oben verschoben wurde, und zwar trotz der starken Zunahme der Fehlerzahl. Diese Tatsache ist sehr wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die getroffenen Schutzmassnahmen, wie Trassewahl, Verlegungsart, Kontrolle des Phe-

sant. Depuis peu, on tente d'accroître la capacité de résistance des câbles aériens menacés en utilisant pour la gaine du plomb additionné d'antimoine. Les câbles souterrains sont beaucoup plus affectés par les ruptures consécutives à la fatigue. Le nombre des ruptures de gaines de câbles placés sur des ponts est en régression, alors que des traces de fatigue de la gaine se montrent toujours plus fréquemment dans les chambres d'épissures. Une récapitulation portant sur les deux dernières années indique que sur 87 ruptures dues à la fatigue, 12 affectaient des câbles aériens, 21 des câbles placés sur des ponts et 54, soit 62 %, des parties de câbles se trouvant dans des chambres d'épissures ou fixées à des murs de soutènement. Dans tous ces cas, des fissures se sont produites à l'endroit où le câble pénètre dans le manchon: elles étaient causées par les vibrations que fait subir au câble la circulation toujours plus intense des véhicules. Presque toujours, les défauts se sont manifestés aux endroits où, du fait de la soudure du manchon et du fort échauffement du câble qu'elle provoque, la structure cristalline du plomb a été modifiée. Pour en empêcher l'apparition, on place sous les manchons des plaques en éternit au lieu de les laisser se soutenir librement entre deux supports.

Comme le montre la figure 27, les *défauts d'origine inconnue* accusent une légère progression. Le personnel intéressé ne recherche et n'annonce pas toujours les causes des défauts avec assez de soin ou n'envoie pas à la direction générale la gaine de plomb détériorée.

6. La longévité moyenne des gaines de câbles

Il serait encore intéressant de savoir si, par rapport aux résultats de la dernière statistique, la longévité des câbles jusqu'à la perforation de la gaine s'est modifiée. Nous avons déterminé pour chaque genre de corrosion la longévité moyenne de la gaine des câbles en traçant des courbes de fréquences cumulées. Les résultats sont récapitulés dans le *tableau VII*.

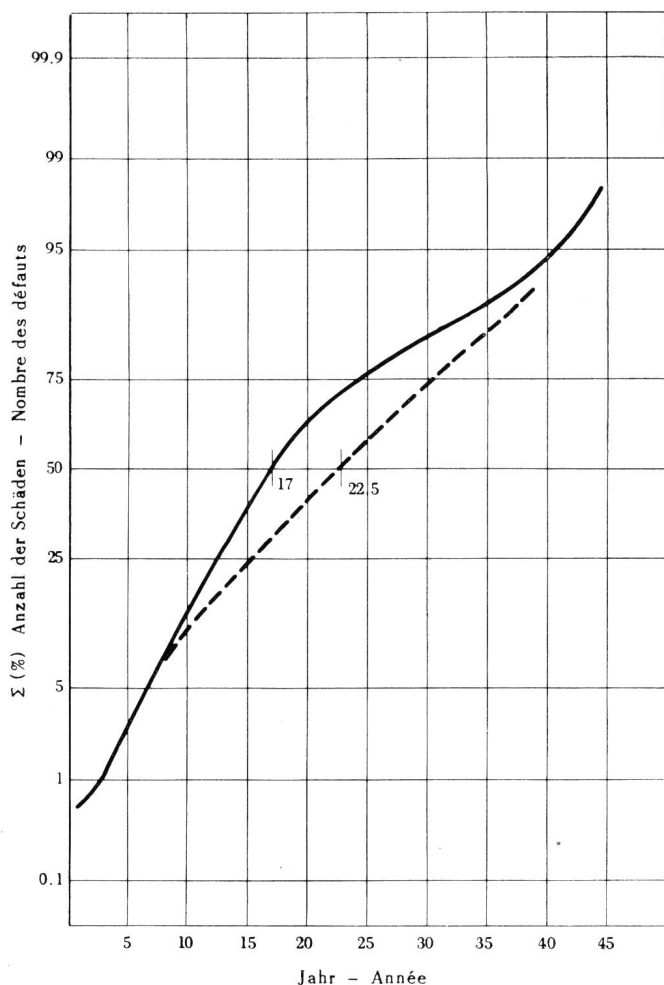
Ces chiffres, ainsi que les courbes des figures 28...32, montrent les conditions avec lesquelles on peut compter dans la pratique. Ils révèlent encore que, par rapport aux récapitulations précédentes, le temps qui s'écoule jusqu'à la perforation de la gaine de plomb s'est accru de quelques années, malgré le plus grand nombre des défauts. On peut en conclure que les mesures prises - choix judicieux du tracé, genre de pose mieux approprié, contrôle de la teneur en phénol, pose plus fréquente de câbles armés de feuillard, etc.

Tabelle VII. Lebensdauer von durch Korrosion oder Ermüdung befallenen Kabeln
 Tableau VII. Longévité des câbles atteints par la corrosion ou la fatigue

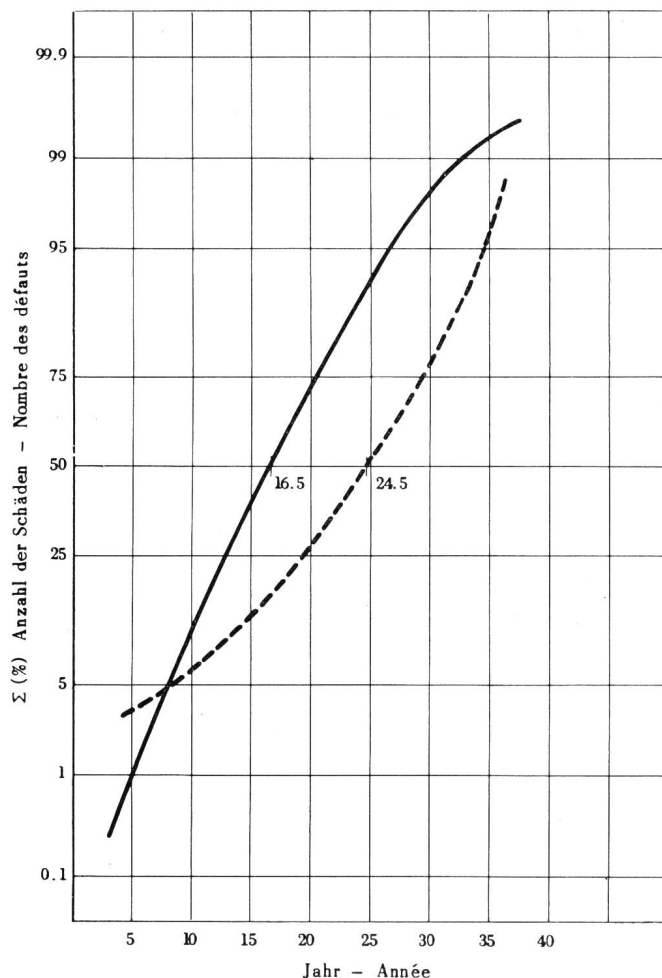
Korrosionsart Genre de corrosion	Bleimanteldicke 1,5 ... 2 mm Epaisseur de la gaine de plomb 1,5 ... 2 mm				Bleimanteldicke 2,5 ... 3 mm Epaisseur de la gaine de plomb 2,5 ... 3 mm			
	Zahl der ausgewerteten Kabelfehler Nombre des défauts étudiés	Lebensdauer (Jahre) – Longévité (années)			Zahl der ausgewerteten Kabelfehler Nombre des défauts étudiés	Lebensdauer (Jahre) – Longévité (années)		
		Minimum	Mittel Moyenne	Maximum		Minimum	Mittel Moyenne	Maximum
Rein chemische Korrosion (ohne Phenolkorrosion) – Corrosion chimique (sans la corrosion par l'effet du phénol)	135	2	17	45	14	7	22,5	43
Phenolkorrosion – Corro- sion par le phénol.....	400	3	16,2	37	37	3	24,5	36
Elektrolyse – Electrolyse	260	5	27,5	55	16	7	31	49
Ermüdung an Luftkabeln Ruptures dues à la fatigue, câbles aériens	130	2	8,5	21	—	—	—	—
Ermüdung an Erdkabeln Ruptures dues à la fatigue, câbles souterrains	125	2	17,5	52	45	2	18,5	43

nolgehaltes, vermehrte Auslegung von bandarmierten Kabeln usw., das Auftreten von Kabelschäden nach kurzer Zeit verhinderte, d. h. die mittlere Lebensdauer verlängerte. Im weiteren wirkte es sich

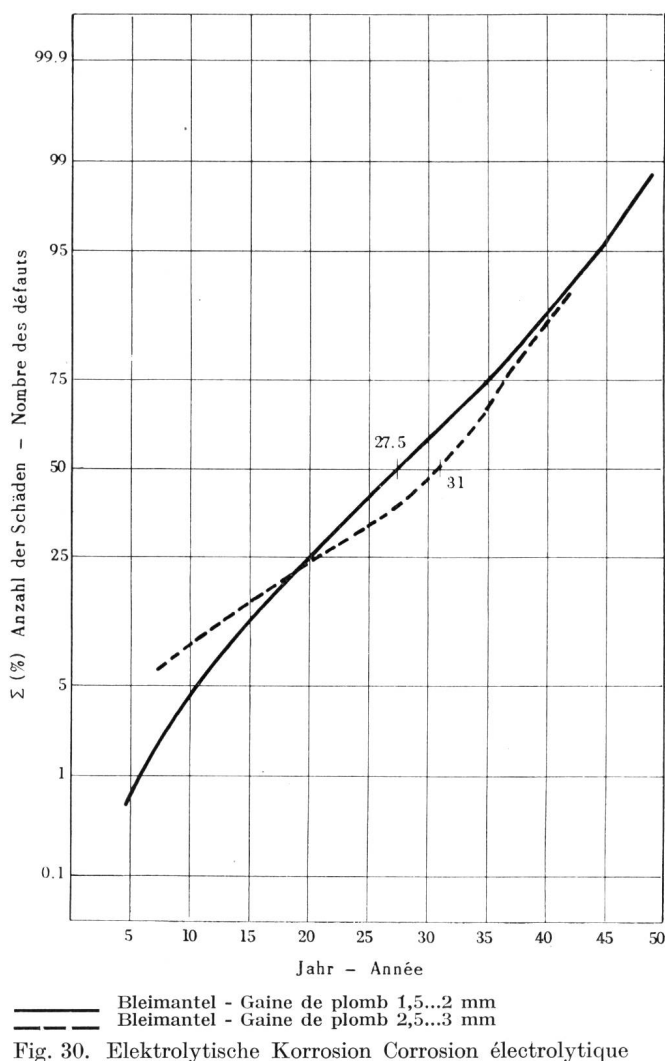
– ont empêché l'apparition de défauts au bout de peu de temps déjà et ont ainsi prolongé la longévité des câbles. Une autre mesure a eu une répercussion favorable sur la statistique: ces dernières années, lorsque



— Bleimantel - Gaine de plomb 1,5...2 mm
 - - - Bleimantel - Gaine de plomb 2,5...3 mm
 Fig. 28. Rein chemische Korrosion
 Corrosion purement chimique



— Bleimantel - Gaine de plomb 1,5...2 mm
 - - - Bleimantel - Gaine de plomb 2,5...3 mm
 Fig. 29. Phenolkorrosion
 Corrosion par l'effet du phénol

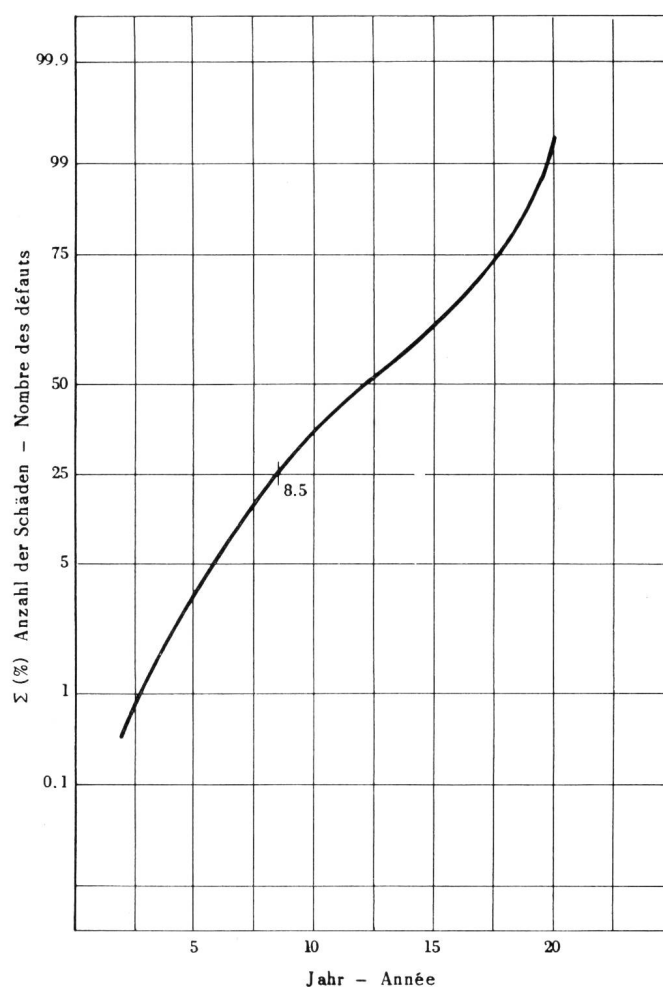


auf die statistische Erfassung der Lebensdauer der Kabel günstig aus, dass in den letzten Jahren bei Kabeln, die durch Korrosion angegriffen waren, nicht nur die Fehlerstelle repariert wurde, sondern mehrere Meter – in krassen Fällen eine oder sogar mehrere Spleisslängen – ausgewechselt wurden. Dadurch konnte verhindert werden, dass nicht schon nach kurzer Zeit weitere Fehler am betreffenden Kabel auftraten.

Zusammenfassung

Die starke Zunahme der Korrosionsschäden an den Telephonkabelanlagen ist einerseits auf die Vergrößerung des Kabelnetzes, andererseits besonders auf die Alterung der Anlagen zurückzuführen. Nachteilig wirkte sich hauptsächlich der hohe Anteil der sogenannten Phenolkorrosion aus.

Die Bodenarten in der direkten Umgebung der Fehlerstellen hatten bei der bisher gebräuchlichen Verlegung der Kabel in Zoreskanälen keinen grossen Einfluss, weil das Kabel nicht direkt mit dem Boden in Berührung kommt. Dies zeigt auch die verhältnismässig geringe Zahl der jährlich verursachten Korrosionen durch Bodensstoffe. Schlimmer ist, dass in die Zoreskanäle Wasser und Schlamm leicht eintreten können und dass diese unter Umständen von weit her



des Kabels étaient attaqués par la corrosion, on ne s'est pas contenté de réparer le défaut, mais on a remplacé plusieurs mètres du câble et même, lorsque l'attaque était particulièrement grave, une ou plusieurs longueurs entre deux épissures. On a pu éviter ainsi que le même câble soit de nouveau attaqué au bout de peu de temps.

Récapitulation

La forte augmentation du nombre des cas de corrosion des câbles téléphoniques est due, d'une part, à l'étendue croissante du réseau et, d'autre part, au vieillissement des installations. Une grande partie des attaques par la corrosion sont dues à l'effet du phénol.

Avec la pose dans des caniveaux zorès en usage jusqu'ici, la nature du sol à proximité immédiate des défauts n'a pas joué de rôle important, car le câble n'entre pas en contact direct avec le sol. C'est ce que démontre le nombre annuel restreint des cas de corrosion par des matières contenues dans le sol. Ce qui est plus grave, c'est que l'eau et le limon peuvent pénétrer facilement dans les caniveaux zorès et, suivant les circonstances, être transportés assez loin. Ils stagnent à l'endroit le plus bas du caniveau, où se produisent généralement les attaques. Un autre phé-

zugeschwemmt werden. Schlamm und Wasser bleiben an der tiefsten Stelle im Kanal lange liegen, wo denn auch meistens die Angriffstellen zu finden sind. Gefährlich ist vor allem die wechselnde Belüftung mit Luft von hohem Feuchtigkeitsgehalt. Diese Tatsache wirkt sich sehr deutlich auf die Erscheinung der Phenolkorrosion aus. Dauernd im Wasser liegende Kabel korrodierten bis heute noch keine, sowie auch noch kein Korrosionsschaden aus einer Rohrleitungsanlage gemeldet wurde.

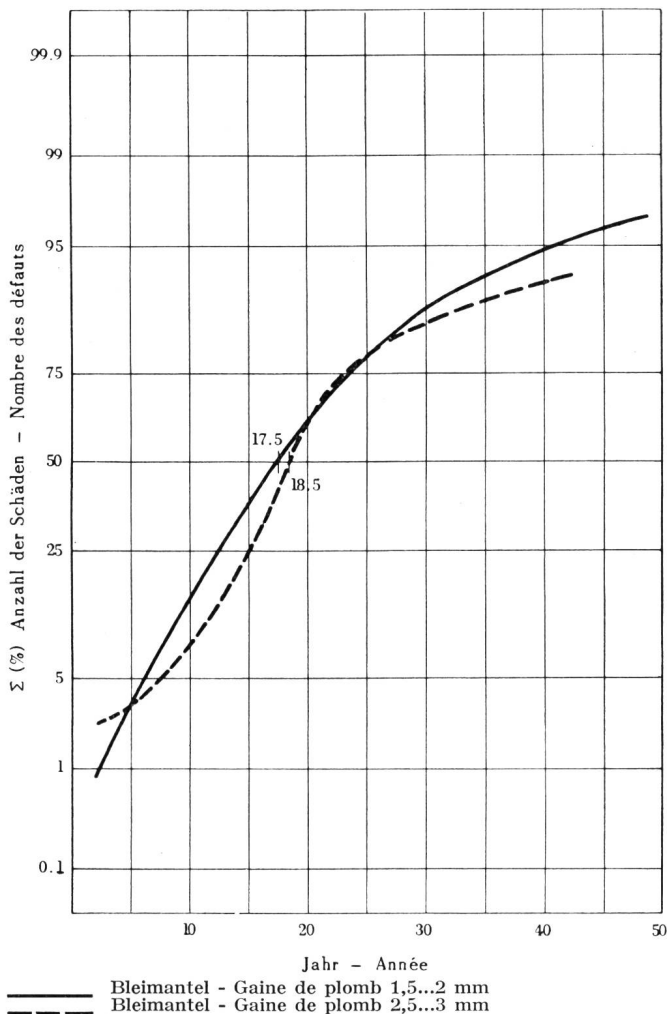


Fig. 32. Ermüdung an Erdkabeln
Ruptures dues à la fatigue (câbles souterrains)

Zoreseisen sind also in bezug auf den Korrosionsschutz der Kabel ungünstig. Es sind deshalb, wo möglich, bandarmierte Kabel direkt in den Erdboden zu verlegen. Wir hoffen damit, ausser einer Verkleinerung der Bau- und Anlagekosten, auch der Korrosion wirksam zu begegnen. Die Verlegung der Kabel in Zoreskanälen ist in gewissen Fällen unumgänglich. Oft genügt der Mantelschutzfaktor von bandarmierten Kabeln gegen die induktive Beeinflussung durch benachbarte Hochspannungsleitungen nicht, so dass die induzierte Spannung den vom CCIF zulässigen Wert von 430 V überschreitet. Durch die Verwendung von Zoreskanälen, die elektrisch durchverbunden

nomène dangereux est l'arrivée irrégulière d'air accusant un haut degré d'humidité. Il se manifeste très clairement dans le cas de la corrosion par l'effet du phénol. Aucun câble posé dans l'eau ne s'est corrodé jusqu'à présent; de même, aucune attaque par la corrosion n'a été signalée à des câbles posés dans une canalisation en tuyaux.

L'emploi de fers zorrés est par conséquent contre-indiqué en ce qui touche la protection contre la corrosion. C'est pourquoi, partout où cela est possible, on pose directement dans le sol des câbles armés de feuillard. On espère ainsi non seulement réduire le coût de l'installation, mais parer efficacement au danger de corrosion. Dans certains cas, il n'est cependant pas possible de renoncer à la pose dans des caniveaux zorrés. Le facteur réducteur de la gaine des câbles armés de feuillard n'est souvent pas suffisant pour compenser l'action inductive nuisible des lignes à haute tension voisines et la tension induite dépasse la valeur de 430 volts que le CCIF considère comme admissible. L'emploi de caniveaux en fers zorrés avec continuité électrique permet de lutter efficacement contre toutes les influences inductives. Le fonctionnaire responsable de la pose doit, entre le danger de la corrosion et celui des actions inductives nuisibles, choisir le moindre mal.

Il est souvent extraordinairement difficile de déterminer les causes réelles de la corrosion, car, lorsqu'on remarque le défaut, les conditions ont changé depuis longtemps.

Essais et mesures de protection

Depuis de nombreuses années, on essaie de combattre la corrosion par divers moyens, sans qu'on puisse dire aujourd'hui que l'un d'entre eux soit vraiment efficace. L'absence d'attaque par la corrosion n'est pas une preuve que le moyen appliqué a agi, car dans le sol les conditions se sont certainement modifiées au cours des ans, en particulier à la suite du remplacement des câbles.

C'est pourquoi on s'est décidé en 1951 à faire un essai en grand. Dans un terrain où la constitution du sol présente une grande diversité (terrain argileux et marécageux), on a posé dans une large fouille, sur une longueur de 200 m, douze câbles de type différent, les uns dans un caniveau zorrés, les autres sans caniveau. Voici la liste de ces câbles:

1 câble avec gaine de polythène injecté	} dans le caniveau zorrés I
1 câble entouré d'un ruban de polythène	
1 câble avec enveloppe de protection «Sandwich»	
1 câble avec teneur plus grande en phénol dans la matière d'imprégnation du jute	} dans le caniveau zorrés II

werden, lassen sich aber praktisch alle Beeinflussungsfälle beherrschen. Der entscheidende Beamte muss daher oft zwischen Korrosionsschutz und Beeinflussung abwägen und das geringere Übel wählen.

Die wirklichen Ursachen von Korrosionsschäden sind oft ausserordentlich schwer festzustellen, weil sich, bis der Schaden bemerkt wird, die Verhältnisse längst verändert haben.

Versuche und Schutzmassnahmen

Seit Jahren wendet man zum Schutze der Kabel gegen Korrosion verschiedene Mittel an, ohne deren Wirksamkeit genau abschätzen zu können. Das Ausbleiben der Korrosionsschäden ist kein stichhaltiger Beweis dafür, weil sich die Verhältnisse im Boden im Laufe der Zeit und besonders durch die Kabelauswechslung verändern.

Wir haben deshalb im Jahre 1951 einen Grossversuch begonnen. In einem Gelände, das starke Unterschiede in der Bodenzusammensetzung aufweist (Lehm- und Moorboden), sind in einem breiten Graben auf 200 m Länge zwölf verschiedene Kabel, teils in, teils ohne Zoreskanal, verlegt worden. Es sind dies:

1 Kabel mit gespritztem Polythenmantel	} in Zoreskanal I
1 Kabel mit Polythenbandumwicklung	
1 Kabel mit «Sandwich»-Schutzhülle	
1 Kabel mit erhöhtem Phenolgehalt im Imprägniermittel der Juteumhüllung	} in Zoreskanal II
1 Kabel mit Blei-Antimon-Legierung	
1 gewöhnliches Kabel mit Papier-Jute-Isolation	} in Zoreskanal III
1 Kabel mit blankem Bleimantel	
1 Kabel mit Bandeisenarmatur	} direkt in den Erdboden
1 gewöhnliches Kabel mit Papier-Jute-Umhüllung	
1 Kabel mit Papier-Jute-Umhüllung	} in Lehm eingepackt
2 Hackethal-Kabel mit Polymentschutzhülle	
	} in Zoreskanal V

Im gleichen Gelände wurde auch der Versuch unternommen, ein gewöhnliches mit Papier und Jute isoliertes Kabel und ein Kabel mit erhöhtem Phenolgehalt im Imprägniermittel der Juteumhüllung gegen die chemische Korrosion zu schützen. Die Kabel werden auf das gewünschte Schutzpotential von mindestens $-0,55$ V gegenüber dem umliegenden Erdreich gebracht. Die Messung des Kabelmantelpotentials erfolgt mit Hilfe eines hochohmigen Voltmeters gegen eine Kupfersulfatelektrode. Für den kathodischen Schutz wurde zwischen den Kabeln und einer Erd-

1 câble avec alliage de plomb et d'antimoine	} dans le caniveau zorès III
1 câble ordinaire avec enveloppe de papier et de jute	
1 câble avec gaine de plomb nue	} dans le caniveau zorès IV
1 câble armé de fer feuillard	
1 câble ordinaire avec enveloppe de papier et de jute	} posés directement dans le sol
1 câble ordinaire avec enveloppe de papier et de jute	
2 câbles Hackethal avec enveloppe de polyment	} enrobé d'argile
	} dans le caniveau zorès V

On a aussi essayé, dans le même terrain, de poser un câble ordinaire avec enveloppe de papier et de jute et un câble avec teneur plus grande en phénol dans la matière d'imprégnation du jute, et de les protéger contre la corrosion chimique. On leur a appliqué le potentiel de protection désiré de $-0,55$ volt contre la terre. Le potentiel de la gaine est mesuré à l'aide d'un voltmètre à haute résistance contre une électrode de sulfate de cuivre. Pour la protection, on a inséré une source de courant continu entre les câbles d'une part et une électrode de terre d'autre part. Les anodes sont constituées par des tubes de plomb posés dans la même fouille. Ils accusent différentes densités de courant, ce qui permet d'étudier en même temps les attaques de la corrosion électrolytique en fonction de la densité de courant.

Les figures 33...35 montrent quelques particularités de cette installation d'essai. Sur tous les câbles, on mesure périodiquement les potentiels contre la terre, les courants provenant de la formation d'éléments et les résistances de terre. Un rapport sera rédigé dès que les essais auront donné des résultats probants.

En outre, pour étudier la corrosion par le sol lui-même, on a enfoui dans différents terrains des tronçons du même type de câble, de 1 m de longueur. Tous ces essais ont pour but de permettre de déter-

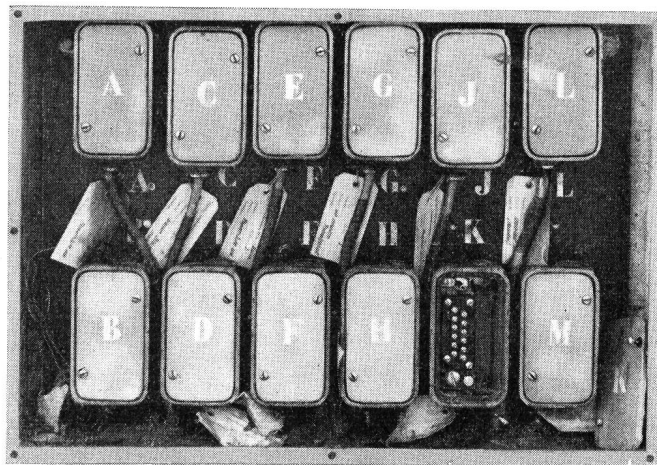


Fig. 33. Abschlusskästchen für 12 Versuchskabel
Boîtes de fin de 12 câbles à l'essai

elektrode eine Gleichstromquelle geschaltet. Als Anoden dienen in unserem Falle im gleichen Graben verlegte Bleiröhren. Diese weisen verschiedene Stromdichten auf, was gleichzeitig gestattet, die Anfresungen der elektrolytischen Korrosion in Abhängigkeit der Stromdichte zu studieren.

Die nachfolgenden Figuren 33...35 geben einen Einblick in diese Versuchsanlage. Bei allen Kabeln werden periodisch die Potentiale gegen Erde, die Elementströme und Erdübergangswiderstände ge-

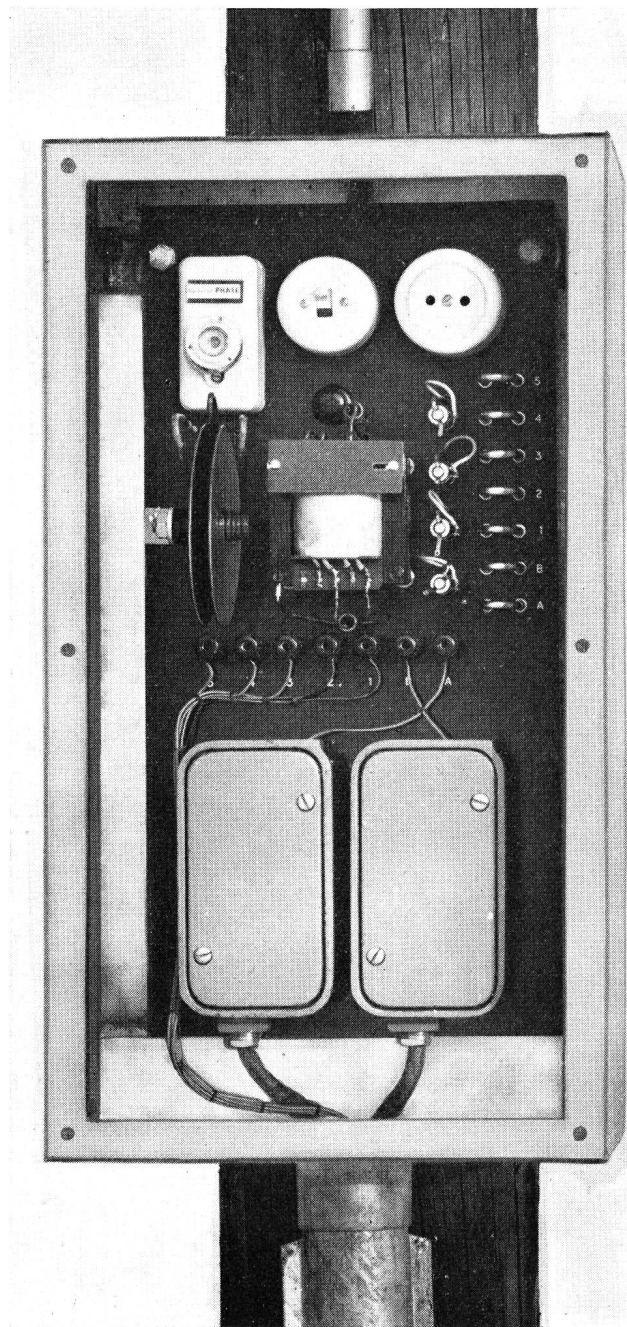


Fig. 35. Speiseeinrichtung für den kathodischen Schutz mit dem Endkästchen der Versuchskabel
Installation d'alimentation pour la protection cathodique avec boîtes de fin des câbles à l'essai

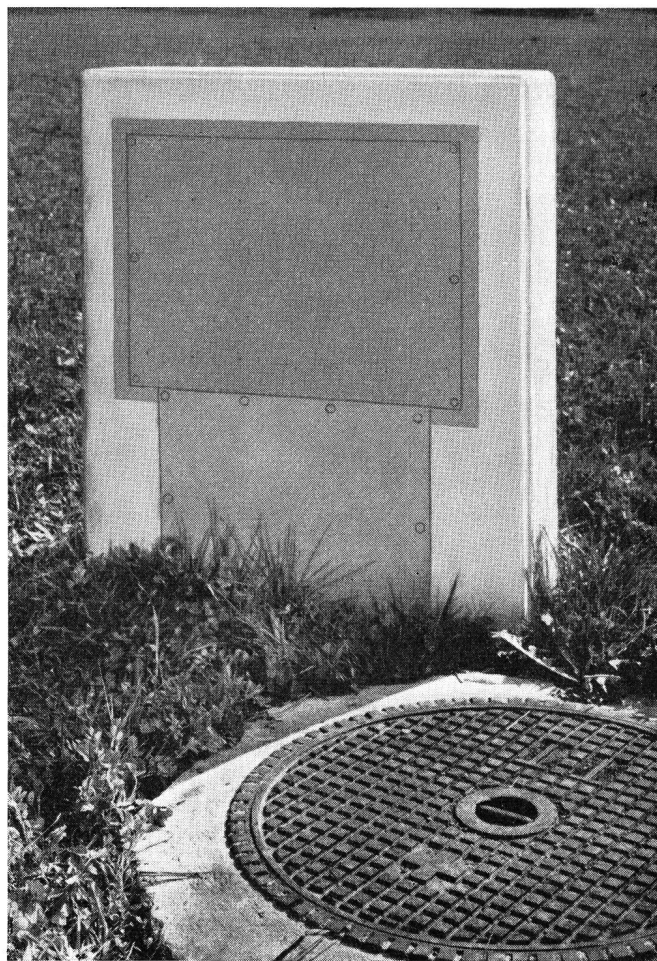


Fig. 34. Betonsockel, in dem die Kabel eingeführt sind
Socle de béton dans lequel les câbles sont introduits

minieren quel genre d'enveloppe protectrice a le meilleur effet dans tel ou tel cas, lorsque tous les tronçons de câbles d'essai sont enfouis en même temps et dans les mêmes conditions.

Pour protéger les câbles en service exposés à la corrosion électrolytique par les courants vagabonds des chemins de fer à courant continu, on établit des installations de drainage électrique. Dans presque tous les cas, un relais de drainage polarisé inséré entre les rails et le câble suffit pour procurer la protection recherchée. A Genève, où la ligne de contact du réseau des tramways a la polarité négative, les câbles sont protégés par une installation de drainage électrique avec source de courant supplémentaire.

Afin d'éprouver l'efficacité de la protection cathodique contre la corrosion par l'effet du phénol, on a appliqué ce moyen à deux installations de câbles en service particulièrement menacées. On peut dire avec quelque certitude que la protection cathodique a pour effet d'enrayer la corrosion par l'effet du phénol. Avant qu'elle ne fût appliquée, on devait chaque année remplacer des tronçons de câbles fortement corrodés. Depuis son emploi généralisé, aucun nouveau défaut de ce genre ne nous a été signalé.

messen. Über diese Untersuchungen soll berichtet werden, sobald eindeutige Resultate vorliegen.

Im weiteren wurden in verschiedenen Bodenarten von den gleichen Kabeln Abschnitte von etwa 1 m Länge eingegraben, um die reine Bodenkorrosion zu studieren. Alle diese Versuche haben den Zweck, festzustellen, welche Kabelumhüllung in diesem oder jenem Falle am besten schützt, wenn alle Kabelstücke gleichzeitig und unter gleichen Bedingungen im Boden liegen.

Für praktisch im Betrieb stehende Kabel, die der elektrolytischen Korrosion durch Streuströme von Gleichstrom-Bahnen ausgesetzt sind, haben wir elektrische Drainageeinrichtungen eingebaut. Mit Hilfe eines polarisierten Drainagerelais zwischen Schiene und Kabel lassen sich fast alle Fälle beherrschen. Bei der Strassenbahn in Genf, die negative Fahrleitungspolarität hat, wird der Schutz unserer Kabelanlage mit Hilfe einer elektrischen Drainage mit zusätzlicher Stromquelle erreicht.

Um die Wirksamkeit des kathodischen Schutzes auch gegen die Phenolkorrosion abzuklären, wurden bis heute zwei stark gefährdete, im Betrieb stehende Kabelanlagen mit einer Schutzeinrichtung dieser Art versehen. Mit ziemlich grosser Sicherheit kann gesagt werden, dass auch die Phenolkorrosion durch den sogenannten kathodischen Schutz zum Stillstand gebracht wird. Bevor diese Schutzeinrichtung angewendet wurde, mussten jährlich Korrosionsschäden repariert werden. Seit der Inbetriebsetzung sind keine neuen Schäden mehr aufgetreten.

Wir hoffen, mit diesen Versuchen in einigen Jahren den Weg gefunden zu haben, um der Korrosion wirksam begegnen zu können.

Nous espérons que les essais entrepris nous permettront, dans quelques années, de lutter avec succès contre la corrosion.

7. Coups de foudre et effets du courant fort

Le genre et les causes de ces défauts sont ceux qui ont été mentionnés dans les précédentes statistiques. Le *tableau VIII* indique le nombre des défauts par année et leur répartition entre les câbles locaux d'une part et les câbles ruraux et interurbains d'autre part.

Coups de foudre

Au cours des cinq dernières années, le nombre des dégâts causés par la foudre est resté à peu près constant. Dans la plupart des cas, la surtension a été amenée au câble par la ligne aérienne qui lui est raccordée et a provoqué dans l'intérieur du câble des interruptions de conducteurs et des courts-circuits sans que la gaine ait été touchée. Deux cas intéressants ont été signalés du Tessin, où la foudre doit être tombée sur le sol et avoir atteint l'installation entièrement souterraine située à quelque distance. Un courant intense s'écoula par l'enveloppe de plomb et induisit une tension élevée dans les conducteurs; celle-ci provoqua des décharges disruptives dans le faisceau, sans cependant endommager la gaine. Un des cas les plus graves que nous ayons enregistré est celui du coup de foudre qui frappa le câble montant au sommet du Niesen (2360 m d'altitude).

Le 9 juillet 1950, un orage d'une extrême violence éclata dans la région du Niesen. La foudre provoqua en plusieurs endroits, dans le câble téléphonique armé qui suit la voie du funiculaire Mulenen-sommet du Niesen, des courts-circuits et des ruptures de conducteurs. L'indicateur de taxe d'un abonné fut entièrement brûlé; chez un autre, le câble de raccordement type G fondit.

Tabelle VIII. Statistik über Störungsfälle durch Blitzschlag und Starkstromeinflüsse
Tableau VIII. Statistique des défauts causés par la foudre et les effets du courant fort

Fehlerart Catégorie	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b
Blitzschläge – Coups de foudre	4 2	13 5	13 —	10 1	9 —	5 1	7 —	19 3	11 —	9 —	17 —	10 1
Starkstromschäden – Courant fort	4 —	5 —	5 —	6 —	2 1	— —	2 1	2 1	2 1	1 —	— —	1 —

Fehlerart Catégorie	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951
	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b
Blitzschläge–Coups de foudre	13 1	17 3	7 —	17 3	21 3	26 2	19 1	26 3	20 2	33 2	21 2	25 2	28 3
Starkstromschäden – Courant fort ...	3 —	2 —	1 —	1 —	3 1	1 4	2 —	2 —	4 —	3 —	3 —	1 —	— —

a = Teilnehmerkabel – Câbles d'abonnés; b = Fern- und Bezirkskabel – Câbles interurbains et ruraux

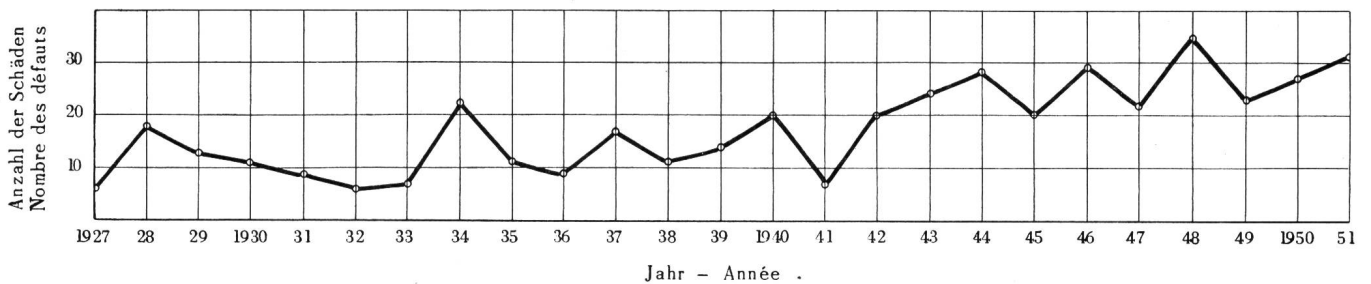


Fig. 36. Blitzschläge - Coups de foudre

7. Blitzschläge und Starkstromeinflüsse

Die Art und Ursachen dieser Schäden sind die gleichen geblieben, wie sie in der früheren Statistik beschrieben wurden. Die *Tabelle VIII* gibt Aufschluss über die jährlich auftretenden Fehler und deren Verteilung auf Orts-, Fern- und Bezirkskabel.

Blitzschläge

Die Schäden durch Blitzschläge blieben in ihrer Zahl in den letzten fünf Jahren konstant. Bei den meisten Fällen ist die Überspannung über die an das Kabel angeschlossene Freileitung zugeführt worden und verursachte im Kabelinnern Aderunterbrüche und Kurzschlüsse, ohne indessen den Bleimantel zu beschädigen. Zwei interessante Fälle wurden aus dem Tessin gemeldet, wo bei vollständig unterirdisch verlegten Anlagen der Blitz in den Erdboden geschlagen und sich alsdann auf unsere in der Nähe gelegenen Kabel entladen haben muss. Dabei floss ein grosser Strom im Bleimantel und induzierte auf die Kabeladern eine hohe Spannung, die zu Durchschlägen im Kabelbündel führte, aber ohne eine Beschädigung des Bleimantels zu verursachen. Einer der schlimmsten Schadenfälle trat am Kabel auf den Niesen (2360 m ü. M.) auf.

Am 9. Juni 1950 ging über das Niesengebiet ein äusserst starkes Gewitter nieder. Durch Blitzschläge wurde das armierte Telephonkabel auf der Strecke von Mülönen nach Niesenkulm an mehreren Stellen durch Kurzschlüsse und Unterbrüche der Adern ausser Betrieb gesetzt. Bei einem Telephonteilnehmer war ausserdem der Gebührenmelder vollständig verbrannt, bei einem andern Abonnenten wurde das Anschlusskabel, Typ G, restlos geschmolzen.

Das Niesenkabel wurde erst im Jahre 1948 ausgelegt und liegt teilweise offen neben dem Bahntrasse oder auf den Bahnviadukten; es weist demzufolge einen schlechten Erdübergangswiderstand auf.

Auf dem Niesen-Kulm ist das Kabel, $10 \times 2 \times 0,8$ bandarmiert, in den Kiosk eingeführt. Das Hotel Niesen-Kulm ist mit einem Blitzableiter versehen, der zwischen Kiosk und Hotel an eine Erdplatte angeschlossen ist. Die Erdplatte diente zur Zeit, da die Telephonfreileitung noch bestanden hatte, auch zur Erdung des Gebührenmelders der Telephonstation im Kiosk. Diese Installation ist nach den Vorschriften über «Erstellung von Hausinstallationen im Anschluss

Le câble du Niesen a été posé en 1948, en partie sans protection, le long de la voie et sur les viaducs du funiculaire; par conséquent, la résistance de terre est élevée.

Au sommet, le câble de $10 \times 2 \times 0,8$, armé de feuilard, est introduit dans le kiosque. L'hôtel est muni

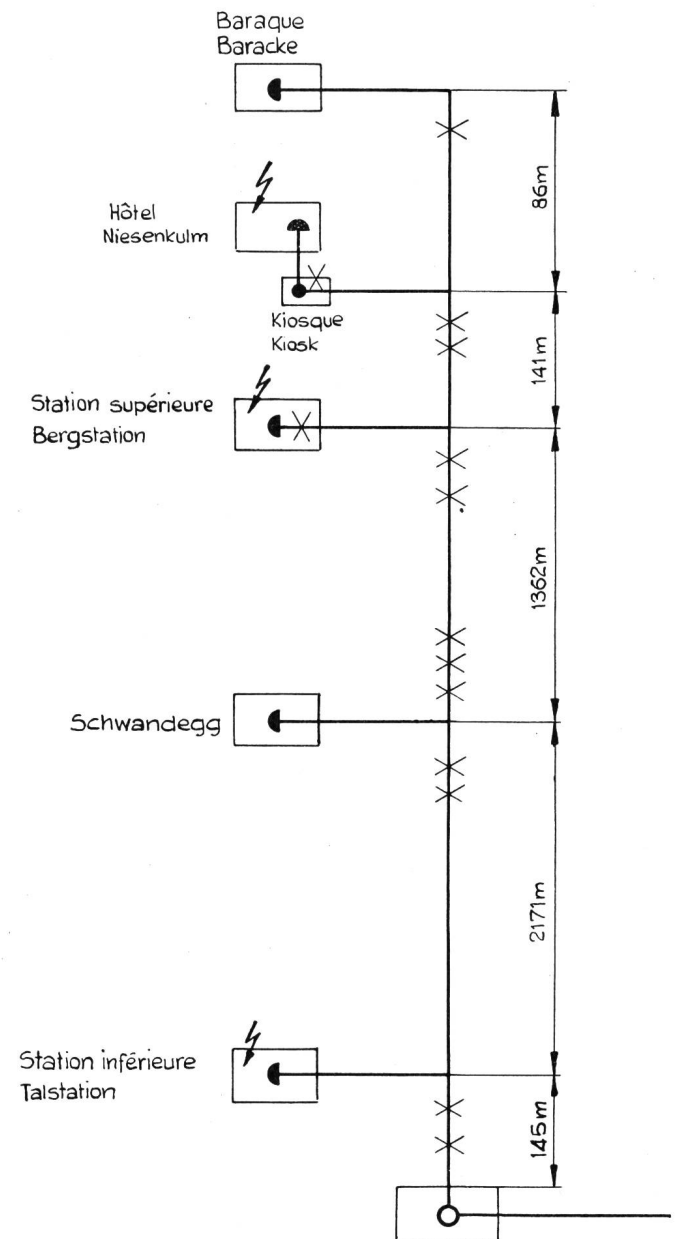


Fig. 37. Schematische Skizze der Fehlerstellen
Croquis schématique montrant la disposition des défauts

an das öffentliche Telephonnetz» unstatthaft, wurde aber offenbar toleriert, weil es sehr schwierig ist, auf Niesen-Kulm eine gute Erdung zu bewerkstelligen. So hatte man seinerzeit durch den Zusammenschluss aller Erdungen eine Verbesserung gesucht. Der Blitz hatte nun in den Blitzableiter eingeschlagen, nahm seinen Weg über den Gebührenmelder auf das Telephonkabel. Der Gebührenmelder explodierte, und das Telephonkabel wurde an dieser Stelle zusammengesmolzen. Der Kabelmantel und die Adern erhielten dadurch erhöhtes Potential gegen Erde. Es traten dann oberhalb und unterhalb der Einschlagstelle, an Orten guter Erdung, d. h. wo der Stromaustritt in den Boden erfolgte, entsprechend dem Spannungsabfall auf dem Mantel, Überschläge zwischen Adern und Bleimantel auf. Dabei wurden Adern unterbrochen oder geschmolzen, ohne dass der Bleimantel eine äusserliche Beschädigung aufwies.

Im weiteren wurde im Haus der Bergstation der Bahn das Installationskabel, Typ G, im Innern des Gebäudes auf eine Länge von etwa 2 m vollständig zusammengesmolzen und der Bleimantel teilweise sogar verdampft. Nach der näheren Untersuchung muss der Blitz in das Starkstromnetz geschlagen haben. Nach den Brandspuren zu schliessen, ist ein Überschlag von der Starkstrominstallation auf das etwa 1,5 m entfernte Telephonanschlusskabel erfolgt. Auch an diesem Ort kamen der Kabelmantel und die Kabeladern unter erhöhtes Potential gegen Erde, was dann im Kabelinnern wieder zu Durchschlägen an den Stellen führte, wo der Spannungsabfall längs des Mantels die Durchschlagsspannung erreichte. Die Schäden waren teilweise bis zu etwa 1,5 km von der eigentlichen Einschlagstelle entfernt, auffallenderweise immer an Orten, wo das Kabel in gut leitendem Erdreich lag. Auch bei diesen Stellen war der Bleimantel nur auf der Innenseite angeschmolzen. In der Talstation war ein ähnlicher Überschlag aufgetreten, welcher zu zwei weiteren Kabeldefekten führte (vgl. Fig. 37).

Es ist dies eine der schlimmsten Kabelfehlermeldungen, die uns infolge von Blitzschlägen in den letzten Jahren zur Kenntnis gelangte. Als Schutzmassnahme wurde der Gebührenmelder von der Blitzableitererde getrennt und der Kabelmantel als Erdung verwendet. Im weiteren wurden bei allen Schaltstellen Überspannungsableiter eingebaut. Zu deren Erdung dient ebenfalls der Kabelmantel, so dass eine eventuelle Überspannung Ader-Mantel durch den Ableiter unschädlich gemacht wird, bevor ein Durchschlag der Isolation erfolgt. Schäden sind seither nicht mehr aufgetreten.

Schaden durch Starkstromeinflüsse

Die Zahl der durch Starkstromeinflüsse verursachten Schäden (Fig. 38) nahm von 4 im Jahre 1947 auf 0 im Jahre 1951 ab. Diese erfreuliche Tatsache ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, dass die «Richtlinien betreffend Massnahmen zum Schutze der

d'un paratonnerre relié à une plaque de terre enfouie entre l'hôtel et le kiosque. Comme la ligne aérienne existait encore, la plaque était utilisée aussi pour la mise à terre de l'indicateur de taxe installé dans le kiosque près du poste téléphonique. Cette installation ne répondait pas aux «Prescriptions sur l'établissement des installations intérieures destinées à être raccordées au réseau téléphonique de l'Etat», mais avait été probablement tolérée parce qu'il était difficile d'établir une bonne mise à terre. On avait cherché à améliorer cet état de choses en réunissant toutes les mises à terre. La foudre était tombée sur la paratonnerre et la décharge avait passé au câble téléphonique par l'indicateur de taxe. Cet appareil éclata et le câble fondit à cet endroit. La gaine et les conducteurs accusèrent un potentiel élevé contre la terre. Au-dessus et au-dessous du point où le câble fut atteint, là où la résistance de terre était faible et où le courant passait dans le sol, des décharges disruptives se produisirent entre les conducteurs et la gaine, provoquées par la chute de tension dans la gaine. Des conducteurs furent interrompus ou fondus sans que l'extérieur de la gaine présentât de traces de dégâts.

En outre, dans le bâtiment de la station supérieure du chemin de fer, le câble d'installation type G fondit entièrement sur une longueur de 2 m environ; la gaine de plomb fut même partiellement volatilisée. Un examen plus poussé fit constater que la foudre devait avoir atteint l'installation à courant fort. D'après les traces de brûlure relevées, une décharge s'est produite entre les conduites à courant fort et le câble téléphonique de raccordement posé à une distance de 1,5 m. A cet endroit également, la gaine et les conducteurs du câble accusèrent un potentiel élevé contre la terre, qui provoqua également, à l'intérieur du câble, des décharges disruptives là où la chute de tension le long de la gaine atteignit la valeur de la tension de décharge. Certains défauts se trouvaient jusqu'à 1,5 km du lieu de la décharge, et toujours à des endroits où le câble était posé dans un sol bon conducteur. Là aussi, la gaine n'avait fondu qu'à l'intérieur. Une décharge disruptive se produisit également à la station inférieure et y provoqua deux autres défauts (cf. fig. 37).

Il s'agit là d'une des plus graves détériorations de câbles par la foudre dont nous ayons eu connaissance ces dernières années. A titre de mesure de protection, on a supprimé la connexion entre l'indicateur de taxe et la terre du paratonnerre et utilisé la gaine du câble comme électrode de terre. Des parasurtensions ont été montés à tous les contacts mobiles. Ils sont mis à la terre par la gaine du câble; ainsi une surtension entre les conducteurs et la gaine est rendue inoffensive avant d'avoir pu perforer l'isolation. Aucun défaut n'a été signalé depuis lors.

Défauts dus aux effets du courant fort

Le nombre des défauts dus au courant fort (fig. 38) a passé de 4 en 1947 à 0 en 1951. Ce recul est certainement dû, pour une grande part, aux dispositions judi-

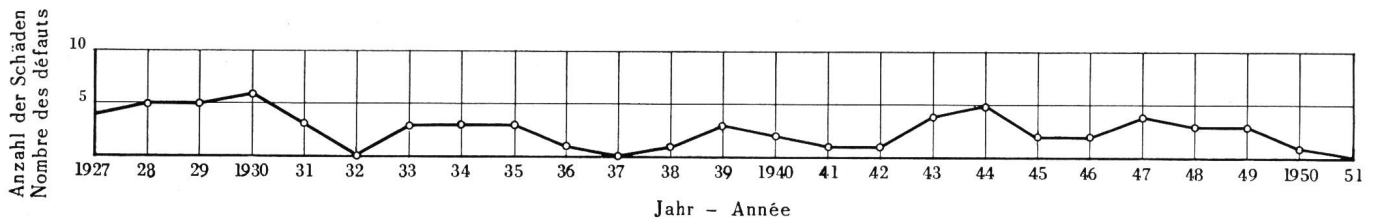


Fig. 38. Durch Starkstrom verursachte Schäden – Défauts dus aux effets du courant fort

Schwachstromkabel gegen Schädigung und Beeinflussung durch Ströme elektrischer Bahnen und Starkstromanlagen» richtig sind und ihre strikte Anwendung uns vor Schäden durch Starkstromeinflüsse weitgehend schützt.

* * *

Die zuständigen Stellen der Generaldirektion verfolgen die Entwicklung in unseren Kabelanlagen mit grossem Interesse. Sie sind dabei ganz auf die aktive Mitarbeit und die präzisen Meldungen des Betriebes angewiesen. Es ist richtig, dass bei einer Kabelstörung das Hauptgewicht auf die sofortige Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft gelegt wird; aber ebenso wesentlich ist die zuverlässige Meldung des Fehlers für die Erforschung der Fehlerursache und die daraus resultierenden Massnahmen zur Verhütung weiterer gleichartiger Fehler.

cieuses des «Directives concernant la protection des câbles à faible courant contre les dangers de détérioration et d'influence dus aux courants d'exploitation des chemins de fer électriques et des installations à fort courant», qui, strictement appliquées, procurent une protection efficace des câbles téléphoniques.

* * *

Les organes compétents de la direction générale suivent avec grand intérêt l'évolution de l'état des installations de câbles. Ils doivent pouvoir compter pour cela sur la collaboration active et les communications précises des services d'exploitation. Il est évident que lorsqu'un câble est dérangé, l'effort principal doit porter sur le rétablissement rapide de la liaison, mais il est tout aussi important de décrire exactement le défaut de manière que les services intéressés puissent en rechercher la cause et prendre des mesures pour empêcher l'apparition d'autres dérangements semblables.

Die Entwicklung des Telephons im Kanton Uri

Von G. Lips, Luzern

621.395(494.13)

Nachdem anfangs Februar 1853 in Andermatt (7. Februar) und Altdorf (10. Februar) die ersten Telegraphenbureaux im Kanton Uri eröffnet worden waren, konnten in den folgenden Jahren weitere Telegraphenstellen eingerichtet werden. In chronologischer Folge aufgezählt waren es: Hospenthal (15. Mai 1867), Flüelen (9. Juli 1867), Amsteg (1. August 1872), Wassen (25. November 1871), Göschenen (1. Juli 1872), Furka (1. Juli 1874), Realp (20. September 1875), Tiefenbach (22. Juni 1884), Furka-Belvedere (24. Juni 1885).

Schon 1853 führte eine erste indirekte Leitung durch den Kanton Uri über den Gotthard nach dem Tessin. Am 24. Februar 1853 war erstmals der telegraphische Verkehr zwischen Basel und Chiasso möglich. Auf dieser indirekten Linie Luzern-Bellinzona wurden im Laufe der Zeit die Telegraphenbureaux von Arth, Schwyz, Flüelen, Altdorf, Andermatt, Hospenthal, Gotthard-Hospiz, Airolo, Faido, Bodio und Biasca eingeschaltet und bedient. Eine direkte Linie Luzern-Bellinzona wurde erst im Jahre 1867 eröffnet, auf der sich im Störungs- und anderem Bedarfsfalle Schwyz, Altdorf und Airolo einschalten konnten. Dass diese Linien im rauen Gotthardgebiet und der wilden Schöllenschlucht öfters durch die Einflüsse ver-

schiedenster Art gestört oder unterbrochen wurden, ist naheliegend. Nicht umsonst wurden bereits im Jahre 1880, das heisst kurz nach dem Durchstich des Gotthardtunnels (28. Februar 1880), die ersten Versuche mit einer Art isoliertem Draht gemacht, um die unwirtlichen Gebiete des Gotthardmassives zu umgehen.

Die Kunde, dass im Ausland mit einer neuen Erfindung, dem Telephon, das gesprochene Wort über weite Entfernungen hin übertragen werden konnte, fand auch in der Innerschweiz gebührende Beachtung. Obwohl die Gemeinden für die Einrichtung derartiger Telephonanlagen bzw. Zentralen der eidgenössischen Telegraphendirektion nach dem damaligen Geldwert ansehnliche Beträge entrichten mussten, kam am 7. August 1894 in Altdorf die erste Telephonzentrale mit sechs Abonnenten in Betrieb. Am Eröffnungstage wurde die Zentrale Altdorf mit einer Freileitung mit der am 10. Oktober 1893 eröffneten Telephonzentrale Schwyz verbunden, die dazumal neun Abonnenten zählte. Die Möglichkeit, sich sowohl in den kleinen Ortsnetzen als auch über grössere Entfernungen hin verständigen zu können (Altdorf-Schwyz etwa 18 km), wurde von der Bevölkerung bald als grosser Vorteil erkannt. Innerhalb von wenigen Jahren wurden mit