

# 30 Jahre Kabelfehlerstatistik : Auswertung der Statistik 1927...1956 = Trente ans de statistique des défauts de câbles : etude de la statistique de 1927 à 1956

Autor(en): **Hadorn, E. / Hainfeld, R.**

Objektyp: **Article**

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**

Band (Jahr): **36 (1958)**

Heft 5

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874426>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

BULLETIN TECHNIQUE

PTT

BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von der Schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telefonverwaltung. Publié par l'administration des postes, télégraphes et téléphones suisses. Pubblicata dall'amministrazione delle poste, dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

E. HADORN und R. HAINFELD, Bern

## 30 Jahre Kabelfehlerstatistik

Auswertung der Statistik 1927...1956

## Trente ans de statistique des défauts de câbles

Etude de la statistique de 1927 à 1956

31.621.315.2.004.6

### 1. Grundsätzliches

Wenn man vor 50 Jahren glaubte, mit Kabelanlagen sozusagen unzerstörbare Werke geschaffen zu haben, so lehrte uns eine längere Erfahrung, dass auch den Kabeln nur eine beschränkte Lebensdauer beschieden ist. Das Wissen um die Vergänglichkeit derselben birgt aber die Gefahr in sich, dass Kabelschäden verschiedenster Art leider oft als unvermeidbares Übel hingenommen werden.

Die Wirksamkeit der Massnahmen zur Verminderung der Zahl der Kabelfehler kann nicht sofort festgestellt werden. Erst nach Jahren, und nur bei dauernder Beobachtung der innerhalb einer bestimmten Zeitspanne auftretenden Fehler, mit andern Worten, nur auf Grund einer Fehlerstatistik lässt sich der Erfolg beurteilen. Diese Tatsache wurde in der schweizerischen PTT-Verwaltung schon recht früh erkannt, so dass wir heute in der Lage sind, die Entwicklung der Kabelfehler bis in das Jahr 1927 zurück zu verfolgen [1...5].

Zur Eingrenzung und Behebung der Kabelstörungen wurden eigene Organe geschaffen. Mit modernsten Instrumenten ausgerüstete und gut instruierte Mess- und Störungsgruppen sind dauernd damit beschäftigt, Fehlerstellen einzugrenzen und Betriebsstörungen zu beheben oder wenn möglich zu vermeiden.

Obwohl die entsprechende Frage auf dem Fehlermeldeformular selten beantwortet wird, hat man sich bei jeder Störungshebung zu überlegen, wie weitere gleichartige Fehler vermieden werden können. Wirk-

### 1. Considérations générales

Si l'on croyait il y a 50 ans, en posant des câbles téléphoniques, créer des œuvres indestructibles, une longue expérience a dès lors montré que ces câbles n'ont eux aussi qu'une longévité mesurée. Cette connaissance implique toutefois un danger, celui qu'on ne considère les défauts de câbles comme un mal inévitable.

L'efficacité des mesures prises pour faire diminuer le nombre des défauts ne peut être constatée immédiatement. Ce n'est qu'après des années et en observant en permanence les défauts apparaissant pendant une période donnée, autrement dit en dressant une statistique, qu'on peut juger du succès obtenu. On l'a heureusement reconnu de bonne heure dans l'administration des PTT suisses, aussi sommes-nous aujourd'hui en mesure de suivre le développement des défauts de câbles depuis 1927 [1-5].

Des organes spéciaux ont été créés pour la surveillance des câbles. Des groupes de mesure bien instruits et pourvus des instruments les plus modernes sont chargés de localiser les défauts et de réparer les dérangements d'exploitation ou même si possible de les prévenir.

Bien qu'il soit rarement répondu à la question qui figure à ce propos sur l'avis de défaut, il convient de se demander dans chaque cas comment des défauts de même nature peuvent être évités. Il n'est pas possible, pour chaque défaut, de juger quelles mesures de protection seraient efficaces et financièrement supportables.

same und finanziell tragbare Schutzmassnahmen lassen sich nicht in jedem einzelnen Störfall beurteilen.

Schon aus rein zeitlichen Gründen sind jene Beamten, denen der Entscheid über Gegenmassnahmen, wie die Verwendung neuer Materialien, die Entwicklung verbesserter Konstruktionen oder die Änderung überholter Vorschriften überbunden ist, nicht in der Lage, jede einzelne Fehlermeldung zu studieren oder gar das während des ganzen Jahres einlaufende Material zu überblicken.

Unsere Statistik soll diesen Überblick erleichtern, indem die Fehler in markante Klassen eingeteilt und damit die zeitliche Entwicklung der Klassenanteile möglichst eindrücklich dargestellt werden.

Die am Schlusse des Beitrages angeführte Bibliographie [1...14] erübrigt die Beschreibung einzelner Fehler, es sei denn, dass ein besonderer instruktiver Fall zur Erläuterung eines Problems beigezogen wurde. Den vorhandenen Unterlagen entsprechend, sind das Klassierungsschema (Fig. 1) und die Art der Auswertung praktisch gleich gehalten, wie diejenigen in den Artikeln «Zwanzig Jahre Kabelfehlerstatistik» [4] und «25 Jahre Kabelfehlerstatistik» [5]. Der Übersichtlichkeit halber wird nicht nur das seit der letzten Veröffentlichung zusätzlich gesammelte Material, son-

Ne serait-ce que par manque de temps, les fonctionnaires à qui incombe le soin de décider des mesures à prendre, telles que l'emploi de nouvelles matières, la mise au point de constructions améliorées ou la modification de prescriptions périmées, ne sont pas à même d'étudier chaque avis de défaut ou d'examiner tout le matériel qui leur est envoyé au cours de l'année.

La présente statistique a pour but de faciliter une vue générale des défauts; ceux-ci sont classés en catégories déterminées et le développement de chaque catégorie est représenté de manière aussi frappante que possible.

La bibliographie [1...14] publiée à la fin de l'article nous permet de renoncer à décrire certains défauts, à moins qu'il ne s'agisse de tirer instruction d'un cas particulièrement intéressant. Le schéma de classification (fig. 1) et le mode d'appréciation sont restés les mêmes que dans les articles «Vingt ans de statistique des défauts de câbles» [4] et «Vingt-cinq ans de statistique des défauts de câbles» [5]. Pour plus de clarté, nous avons utilisé nonseulement le matériel rassemblé depuis la dernière publication, mais celui qui se rapporte à toute la période de 1927 à 1956.

Si l'on veut, d'après les chiffres publiés, se rendre compte de l'effet des mesures de protection prises, on doit considérer que, pour des raisons d'ordre pratique, le schéma de classification, avec ses quelques

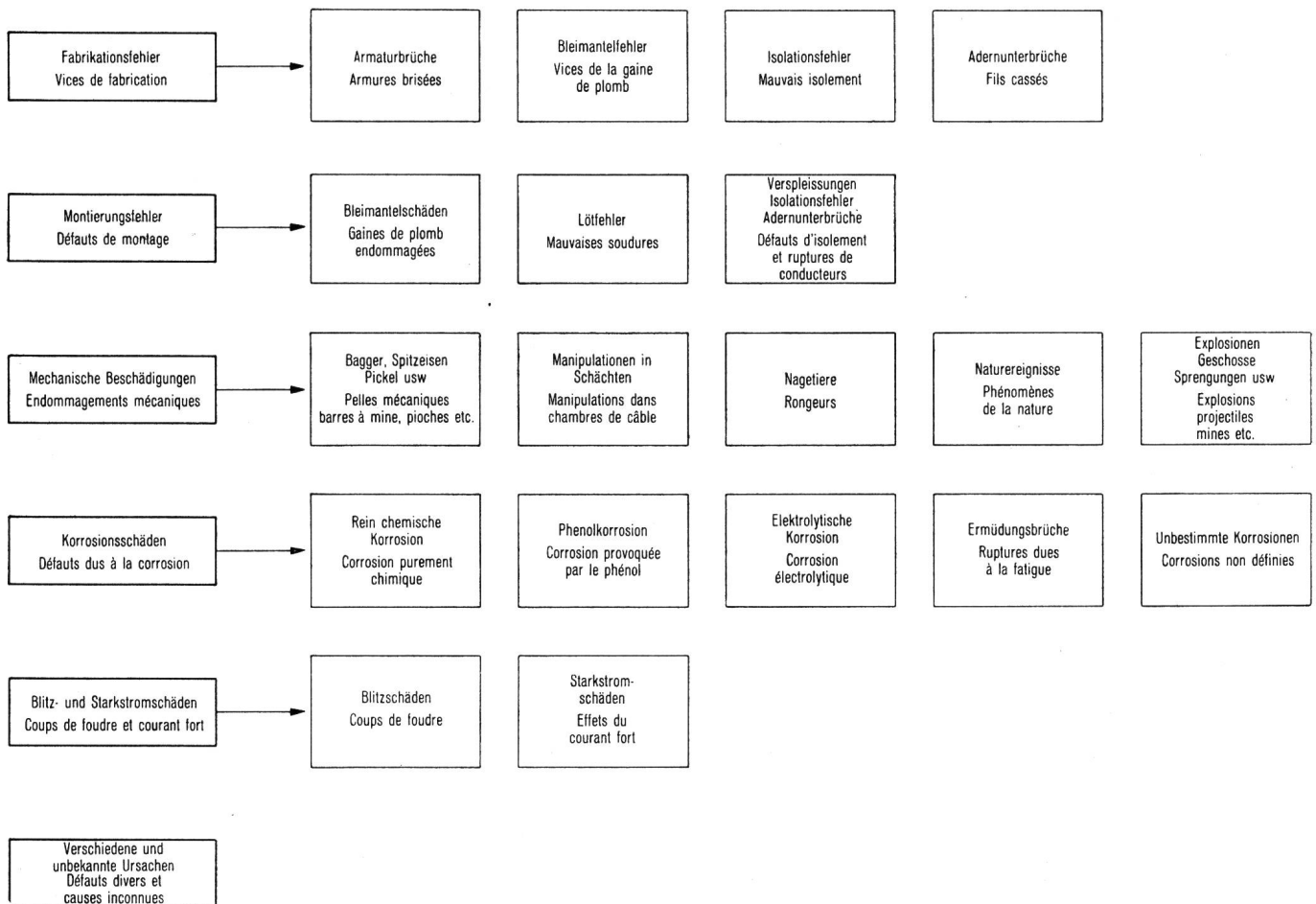


Fig. 1. Gruppierung der Kabelfehler nach ihren Ursachen – Classement des défauts de câbles d'après leurs causes

dem auch dasjenige des ganzen Zeitabschnittes 1927...1956 dargestellt.

Soll nun auf Grund der vorliegenden Zahlen die Wirkung von Schutzmassnahmen untersucht werden, so muss vorausgeschickt werden, dass das aus praktischen Gründen nur wenige Gruppen umfassende Klassierungsschema, der Vielfalt der Fehlerursachen und auch deren Begleitumständen nicht gerecht zu werden vermag. Für den mit dem Bau von Kabelanlagen vertrauten Praktiker bedeutet es schon eine grosse Hilfe zu wissen, was für Fehler hauptsächlich auftreten. Erweist es sich als notwendig, eine ganz bestimmte Fehlerursache näher zu untersuchen, so ist eine zusätzliche Auswertung der Fehlermeldungen nach den im konkreten Fall interessant erscheinenden Gesichtspunkten gegeben.

Was für Zustände werden nun eigentlich als «Kabelfehler» bezeichnet? Kabelfehler im Sinne unserer Statistik sind alle von der PTT-Verwaltung nicht gewünschten Zustände und Veränderungen an Kabeln, Spleissungen und Kabelabschlüssen, die den Betrieb der Kabelanlagen stören oder stören könnten, ferner solche, die die Qualität der Übertragung, wenn auch nur leicht, beeinträchtigen.

Von der vorliegenden Statistik wurden nicht erfasst: Fehler in den Überführungen im Fern- und Hauptverteiler, in den Aufstiegskabeln der Kabelstangen sowie in den Hausinstallationen.

Die Praxis ergab folgende Bestimmung der einzelnen Fehlerarten.

Als *Fabrikationsfehler* werden alle Fehler betrachtet, die nach der Abnahme des Materials in der Fabrik oder in den Lagern der PTT, während des Baus oder während des Betriebes, als Materialfehler oder als Ursache mangelhafter Fabrikation festgestellt werden.

Unter *Montierungsfehler* fallen alle jene Fehler, die nach der Inbetriebsetzung, das heisst nach der Abnahmemessung an der Anlage, festgestellt werden und die auf vorschriftswidrige oder unsachgemässe Montage zurückzuführen sind.

In die Kategorie *mechanische Beschädigungen* fallen alle mechanischen Beschädigungen von Kabeln und deren Kanälen, Spleissungen, Endverschlüssen usw., mit Ausnahme der Beschädigungen durch die TT-Handwerker während der Montage. Letztere werden als Montagefehler registriert, wenn die Beschädigung erst nach der Inbetriebsetzung des Kabels festgestellt wird oder wenn in der Anlage ein bleibendes Merkmal, wie beispielsweise eine zusätzliche Spleissung oder ein reparierter Bleimangel zurückbleibt. Werden bei einem Schadenfall mehrere Kabel beschädigt, so wird je Kabel ein Fehler gezählt.

*Korrosionsfehler* sind Schäden, bei denen der Korrosionsangriff zur Undichtigkeit des Bleimantels führt. Durchgerostete Kabelkanäle und Korrosionsangriffe an Kabelmänteln, die anlässlich von Kabelausbauten festgestellt wurden, sind, auch wenn Kanäle oder Kabel ersetzt werden müssen, nicht als Kabelfehler mitgezählt. Werden während der Behe-

gruppen, ne peut donner une idée exacte de toutes les causes et des circonstances qui les accompagnent. Il est précieux néanmoins pour celui qui s'occupe de construire des installations de câbles de savoir quels sont les défauts les plus fréquents. S'il apparaît nécessaire d'étudier plus attentivement une cause déterminée de défauts, les indications des avis de défauts sont examinées en détail d'après les critères jugés intéressants.

Quels sont les incidents désignés par le terme de «défaut de câble?» Au sens de notre statistique, les défauts de câbles sont tous les états et changements d'état des câbles, épissures et terminaisons de câbles non désirés par les services de l'administration des PTT, qui entravent ou pourraient entraver l'exploitation, ou même qui n'affectent que peu la qualité de la transmission. La présente statistique ne comprend pas les défauts constatés dans les renvois des répartiteurs interurbains et principaux, dans les câbles d'ascension des points de transition ni dans les installations intérieures. Dans la pratique, on désigne comme suit les différentes catégories de défauts:

Sont comptés comme *défauts de fabrication* ceux qui sont constatés après la réception du matériel à la fabrique ou dans les dépôts des PTT, pendant la construction ou en service d'exploitation et qui sont dus à du matériel ou à une fabrication défectueuse.

Les *fautes de montage* sont celles qui sont constatées après la mise en service, c'est-à-dire après les mesures de réception de l'installation et qui proviennent d'un montage antiréglementaire ou irrationnel.

Dans la catégorie des *endommagements mécaniques* sont compris tous les dommages dus à une cause mécanique affectant les câbles et leurs canalisations, les épissures, les terminaisons, etc., à l'exception de ceux que provoquent éventuellement les ouvriers des TT pendant le montage. Ces derniers défauts sont considérés comme erreurs de montage lorsqu'ils ne sont constatés qu'après la mise en service du câble ou lorsque l'installation porte une marque durable du défaut, telle qu'une épissure supplémentaire ou une réparation de la gaine de plomb. Lorsque plusieurs câbles sont affectés, on compte un défaut par câble.

Sont considérés comme *défauts dus à la corrosion* ceux dans lesquels la corrosion a détruit l'étanchéité de la gaine de plomb. La rouille complète d'une canalisation et les attaques corrosives de la gaine qui n'ont été constatées qu'à l'occasion de travaux ne sont pas considérées comme défauts de câble, même si la canalisation ou le câble doivent être remplacés. Si, en réparant un défaut dû à la corrosion, on découvre d'autres atteintes à l'étanchéité du câble, on ne compte qu'un défaut par section de câble.

Dans le cas de *dégâts causés par la foudre ou par le courant fort*, on ne compte qu'un défaut pour chaque terminaison ou chaque section de câble endommagée, bien qu'ici également il arrive souvent qu'une section de câble soit atteinte en plusieurs endroits.

Tabelle I. Gesamtübersicht der Kabelfehler 1927...1956

Fehlerkategorie – Catégorie	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940
<b>I. Fabrikationsfehler</b> <b>Vices de fabrication .</b>	29	18	14	19	43	30	39	52	27	26	15	15	11	15
<b>II. Montierungsfehler</b> <b>Défauts de montage</b>	32	16	31	24	30	11	15	23	19	18	15	21	18	21
<b>III. Mechanische Beschädigungen – Endomagements mécaniques</b>														
a) Bagger, Spitzseisen, Pickel, etc. – Pelles mécaniques, barres à mine, pioches, etc. . . .	37	44	84	54	75	55	50	64	52	36	40	47	47	37
b) Manipulationen in Schächten – Manipulations dans chambres de câble . . . . .	9	9	6	12	12	7	6	8	16	7	7	6	15	10
c) Nagetierte – Rongeurs	3	3	2	1	7	3	7	9	17	17	15	6	11	12
d) Naturereignisse (Wildwasser, Erdbeben, Feuer, etc.) – Evénements naturels (hautes eaux, éboulements, incendies, etc.) . . . .	6	1	2	4	7	3	8	28	4	5	7	3	7	8
e) Explosionen, Geschosse, Sprengungen etc. – Explosions, projectiles, mines, etc. . . . .	2	1	2	0	2	0	7	2	0	3	2	1	4	4
Total III. . . . .	57	58	96	71	103	68	78	111	89	68	71	63	84	71
<b>IV. Korrosionsschäden</b> <b>Défauts dus à la corrosion</b>														
a) Rein chemische Korrosion – Corrosion purement chimique. . . . .	5	1	6	0	3	5	5	5	5	3	6	6	13	15
b) Phenolkorrosion – Corrosion provoquée par le phénol . . . . .														
c) Elektrolytische Korrosion – Corrosion électrolytique. . . . .	5	4	3	3	2	2	2	2	5	2	10	6	9	12
d) Ermüdungsbrüche – Ruptures dues à la fatigue . . . . .	0	1	0	4	3	1	6	10	8	8	14	23	16	15
e) Unbestimmte Korrosionen – Corrosions non définies . . . . .	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Total IV. . . . .	10	6	9	7	8	8	13	18	18	13	31	37	43	51
<b>V. Blitz- u. Starkstromschäden – Coups de foudre et courant fort</b>														
a) Blitzschäden – Coups de foudre . . . . .	6	18	13	11	9	6	7	22	11	9	17	11	14	20
b) Starkstromschäden – Effets du courant fort	4	5	5	6	3	0	3	3	3	1	0	1	3	2
Total V. . . . .	10	23	18	17	12	6	10	25	14	10	17	12	17	22
<b>VI. Verschiedene und unbekannte Ursachen – Défauts divers et causes inconnues . .</b>	7	6	15	3	9	15	6	4	5	8	7	3	3	6
Total I.–VI. . . . .	145	127	183	141	205	138	161	233	172	143	156	151	176	186

Tableau I. Défauts de câbles annoncés de 1927...1956

1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	Total
14	11	22	5	23	10	18	15	18	24	27	42	31	36	29	57	735
20	17	21	39	50	46	63	75	66	58	91	130	118	121	159	201	1569
32	42	48	52	70	68	114	122	173	198	223	321	362	477	596	806	4426
4	18	12	28	44	33	16	8	22	27	40	46	29	51	19	20	547
20	22	28	29	21	16	23	25	19	24	36	50	45	54	48	46	619
11	15	7	29	10	13	18	19	25	20	43	28	33	49	52	63	528
9	7	3	11	4	2	10	6	4	1	6	17	5	4	5	7	131
76	104	98	149	149	132	181	180	243	270	348	462	474	635	720	942	6251
12	12	16	18	21	23	20	19	24	18	21	22	24	28	41	26	} 2091
5	15	18	33	58	47	85	65	78	112	127	204	171	188	221	225	
17	15	17	22	34	24	30	27	39	45	54	56	55	54	46	38	640
11	7	13	18	16	14	18	21	16	37	50	56	49	56	80	61	632
7	6	7	5	4	9	11	5	10	5	14	29	16	14	8	17	169
52	55	71	96	133	117	164	137	167	217	266	367	315	340	396	367	3532
7	20	24	28	20	29	22	35	23	27	31	35	49	59	58	99	740
1	1	4	5	2	2	4	3	3	1	0	5	0	7	6	7	90
8	21	28	33	22	31	26	38	26	28	31	40	49	66	64	106	830
6	8	8	18	29	35	40	42	58	69	83	162	123	113	106	113	1110
176	216	248	340	406	371	492	487	578	666	846	1203	1110	1311	1474	1786	14027

bung eines Korrosionsfehlers weitere undichte Stellen des Kabelmantels entdeckt, so wird je Kabelsektion nur ein Fehler registriert.

Bei *Blitz-* und *Starkstromschäden* werden für jeden beschädigten Kabelabschluss und für jede beschädigte Kabelsektion je ein Fehler gezählt, obwohl auch hier sehr oft innerhalb einer Kabelsektion mehrere Schadenstellen festgestellt werden.

## 2. Die Entwicklung des Kabelnetzes und der Fehlerzahlen während der Jahre 1927...1956

Die *Tabelle I* gibt einen Überblick über die in den Jahren 1927 bis 1956 gemeldeten Kabelfehler, die nach den hauptsächlichsten Fehlerarten ausgeschieden sind. Die Entwicklung der Fehlerzahlen innerhalb der einzelnen Fehlerkategorien ist der besseren Übersichtlichkeit halber in den nachfolgenden Abschnitten in Form von Kurven dargestellt.

Ende 1927 umfasste das Leitungsnetz der PTT-Verwaltung 4810 km Kabel (Fig. 2). Mit einer Zunahme von durchschnittlich 13% je Jahr, jeweils auf den Stand des Vorjahres bezogen, wuchs die Kabellänge bis Ende 1936 auf 14 914 km. In den folgenden zwanzig Jahren betrug die Zunahme noch durchschnittlich 6% jährlich und Ende 1956 lagen bereits 42 644 km Kabel im Boden.

In den Jahren 1927...1940 schwankt die Zahl der Kabelfehler unregelmässig zwischen 127 und 233 je Jahr. Seither weist die Zahl der Kabelfehler jährlich eine durchschnittliche Zunahme von 16% auf. 1956 wurden insgesamt 1786 Kabelfehler gemeldet.

## 2. Le développement du réseau des câbles et le nombre des défauts constatés entre 1927 et 1956

Le *tableau I* donne un aperçu des défauts de câbles annoncés de 1927 à 1956, répartis par catégories principales. L'évolution du nombre des défauts dans chaque catégorie est, pour plus de clarté, représentée par des courbes dans les chapitres suivants.

A la fin de 1927, le réseau des PTT comprenait 4810 km de câbles (fig. 2). Avec une augmentation moyenne de 13% par an par rapport à l'état à la fin de l'année précédente, cette longueur a passé à 14 914 km à fin 1936. Pendant les 20 années qui suivirent, l'augmentation moyenne ne fut plus que 6% par an; à la fin de 1956, le réseau suisse des câbles avait une longueur de 42 644 km.

Le nombre des défauts de câbles annoncés a passé de 127 à 233 entre 1927 et 1940. Depuis lors, il marque une progression angoissante de 16% par an. En 1956, 1786 défauts ont été signalés.

La proportion des défauts par rapport à la longueur des câbles était en 1927 de 3 défauts par 100 km. Elle tomba à 1 défaut par 100 km en 1936, se maintint à ce niveau jusqu'en 1942 et remonta à 4,2 défauts par 100 km en 1956. (Voir aussi figure 13.) La figure 3 est une comparaison entre les différentes catégories suivantes de défauts: défauts de fabrication, erreurs de montage, endommagements mécaniques, attaques corrosives et défauts provoqués par la foudre et le courant fort. On constate que le nombre des défauts a augmenté dans toutes

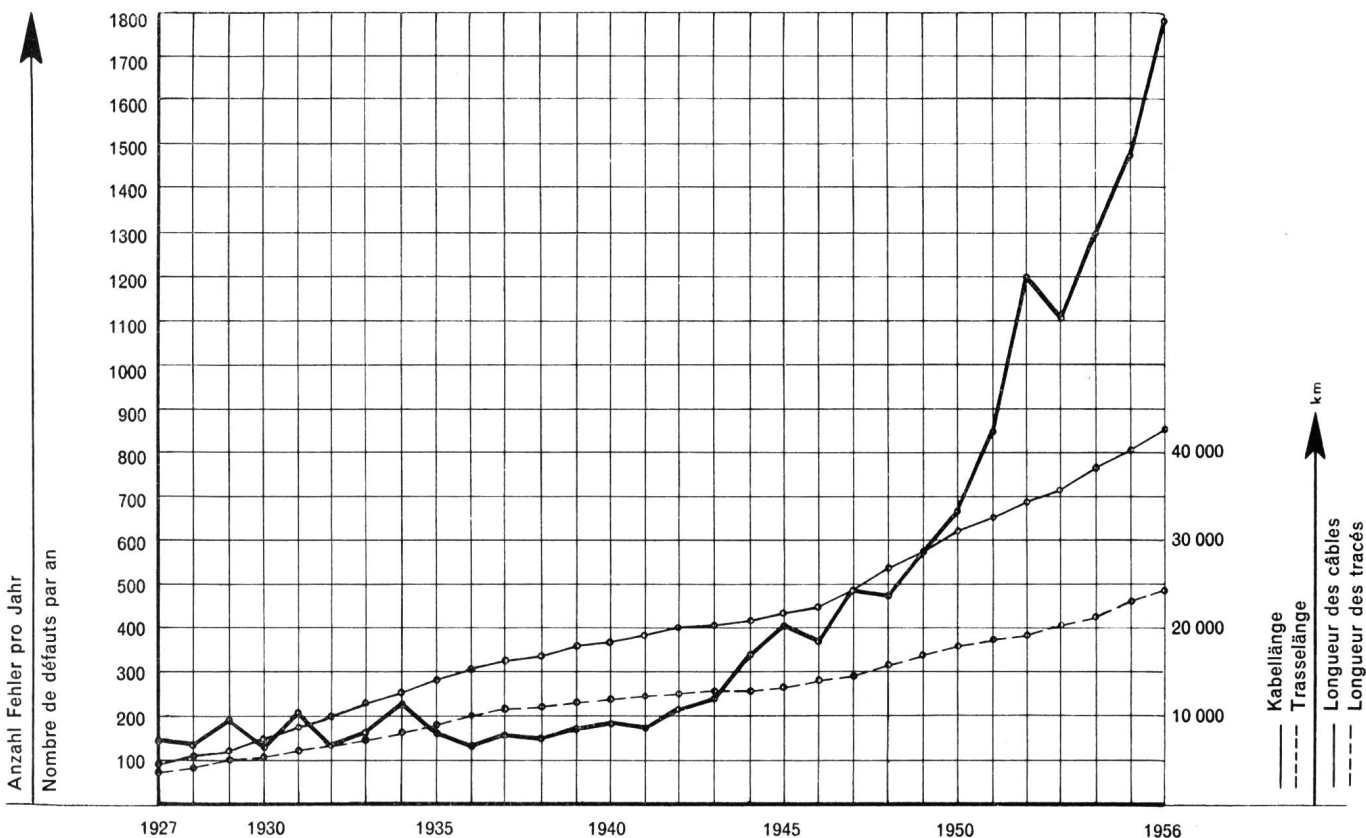


Fig. 2. Zahl der Fehlermeldungen je Jahr – Nombre des avis de défaut par an

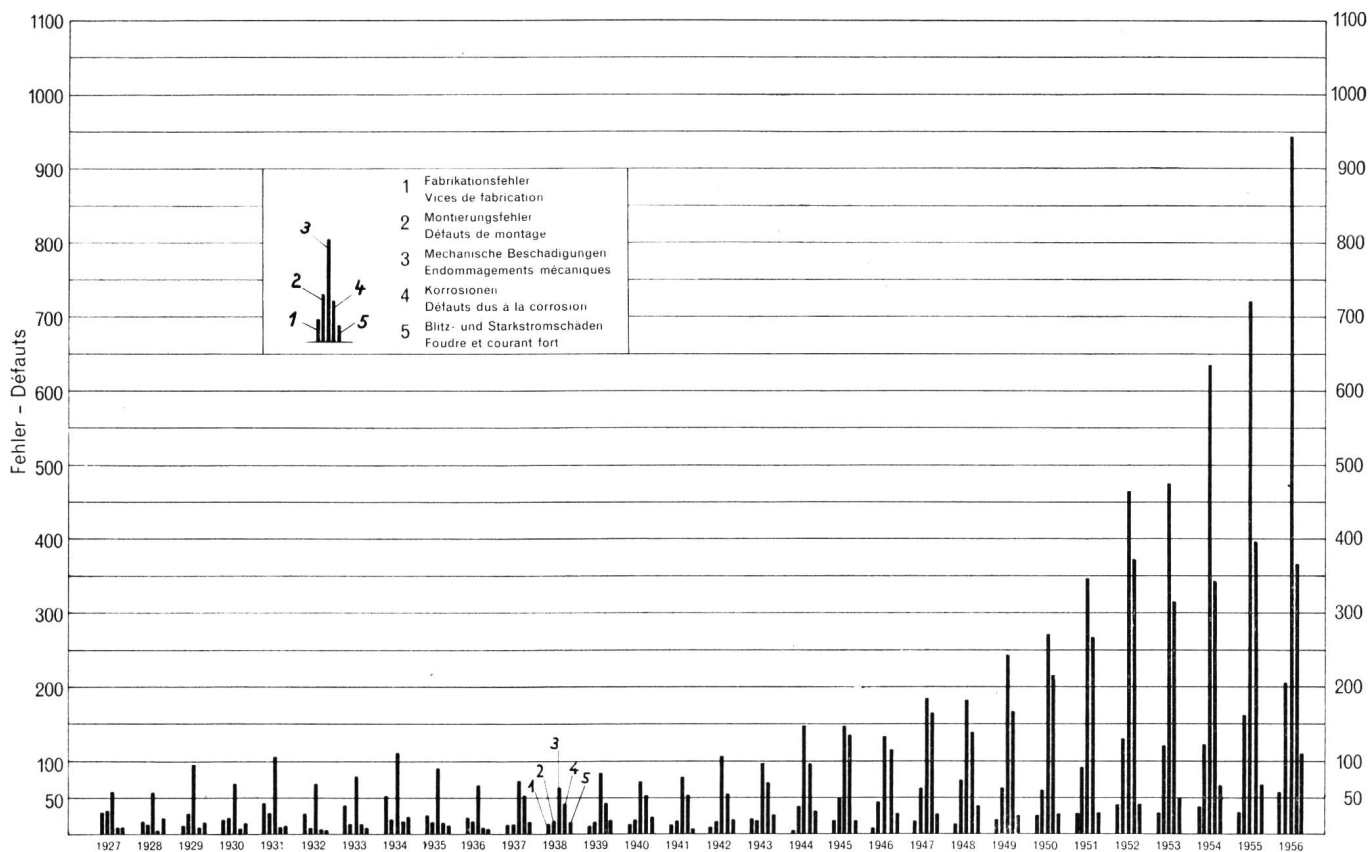


Fig. 3. Vergleich der jährlichen Fehlerzahlen je Fehlerart – Répartition annuelle du nombre des défauts par genre

Das Verhältnis Kabelfehler zur totalen Kabellänge betrug 1927 3,0 Fehler je 100 km Kabel und sank bis zum Jahre 1936 auf etwa 1,0 Fehler. Bis etwa 1942 blieb dieses Verhältnis unverändert und stieg dann bis 1956 auf 4,2 Fehler je 100 km Kabel (s. Fig. 13). Figur 3 zeigt die Gruppierung der folgenden Fehlerursachen: Fabrikationsfehler, Montierungsfehler, mechanische Beschädigungen, Korrosionen sowie Blitz- und Starkstromschäden. Aus dieser Darstellung wird ersichtlich, dass wohl die Fehlerzahlen in allen Kategorien zugenommen haben, dass aber die Zahl der mechanischen Beschädigungen seit 1948 weitaus am stärksten gestiegen ist.

### 3. Fabrikationsfehler (s. Tabelle II)

In den Jahren 1946...1956 ist die Zahl der Fabrikationsfehler (Fig. 4) von 10 auf 57 je Jahr angestiegen.

les catégories, mais que celui des endommagements mécaniques marque la plus forte progression depuis 1948.

### 3. Défauts de fabrication (voir tableau II)

Le nombre de ces défauts a passé de 10 en 1946 à 57 en 1956 pour 100 km de longueur (voir fig. 4). Pour la période considérée, cette augmentation est supérieure à celle des fournitures de câbles et la proportion entre le nombre des défauts et la longueur des câbles a évolué de manière défavorable (fig. 5).

Le nombre particulièrement élevé de ces défauts en 1956 est dû au fait qu'une livraison entière de câbles avait un papier d'isolation trop cassant. Si les conducteurs isolés du câble avaient subi l'essai d'enroulement sur tige décrit dans le cahier des charges, ces défauts auraient été décelés déjà

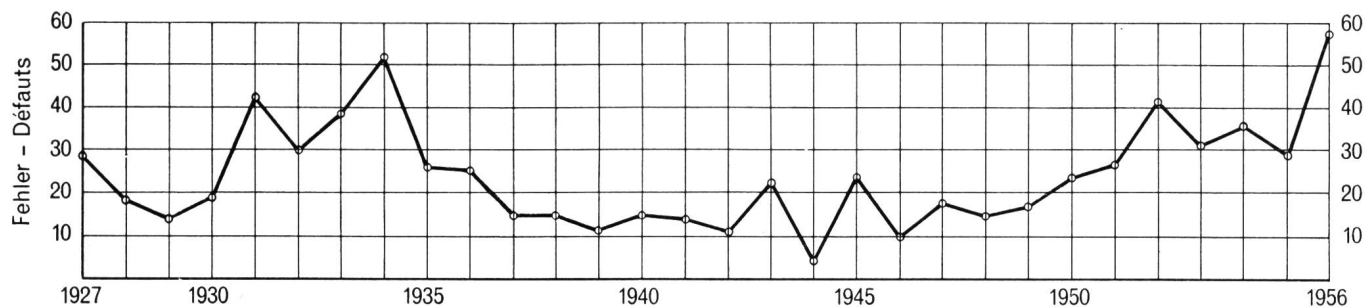


Fig. 4. Fabrikationsfehler – Défauts de fabrication



Die Zunahme der Fabrikationsfehler ist im genannten Zeitraum stärker als die Zunahme der Kabellieferungen, das Verhältnis Fabrikationsfehler zu 100 km im gleichen Jahr ausgelegter Kabel hat sich wieder verschlechtert (Fig. 5).

Die ausserordentlich hohe Fehlerzahl des Jahres 1956 hat ihre Ursache in der Lieferung einer Serie von Kabeln mit sprödem Aderisolierringpapier. Wären die isolierten Adern der Kabel mit der im Pflichtenheft vorgesehenen Dornprobe geprüft worden, so hätte man diese Mängel bereits bei der Abnahme der Kabel erkannt. Der Aufwand für eine eingehende Kontrolle aller Kabel bei der Abnahme würde aber die Reparaturkosten bei weitem übersteigen, so lange die Zahl der Fabrikationsfehler in den bisher registrierten engen Grenzen bleibt. Die der PTT-Verwaltung entstandenen Reparaturkosten wurden ausserdem stets vom Fabrikanten zurückerstattet, wenn Fabrikationsmängel nachgewiesen werden konnten.

à la réception. Les dépenses occasionnées par un contrôle sévère de tous les câbles à la réception excéderaient cependant de beaucoup les frais de réparation, tant que la proportion des défauts de fabrication reste dans les limites décrites ci-dessus. Du reste, les fabricants remboursent toujours à l'administration les frais de réparation lorsque les défauts de fabrication sont prouvés de manière indubitable.

Tableau II Défauts de fabrication

Années	Gaines de plomb non étanches	Défauts d'isolement	Conducteurs interrompus	Défauts à l'armure
1927...1946	58%	19%	20%	3%
1947...1951	47%	7%	22%	24%
1952...1956	31%	56%	11%	2%
1927...1956	50%	27%	18%	5%

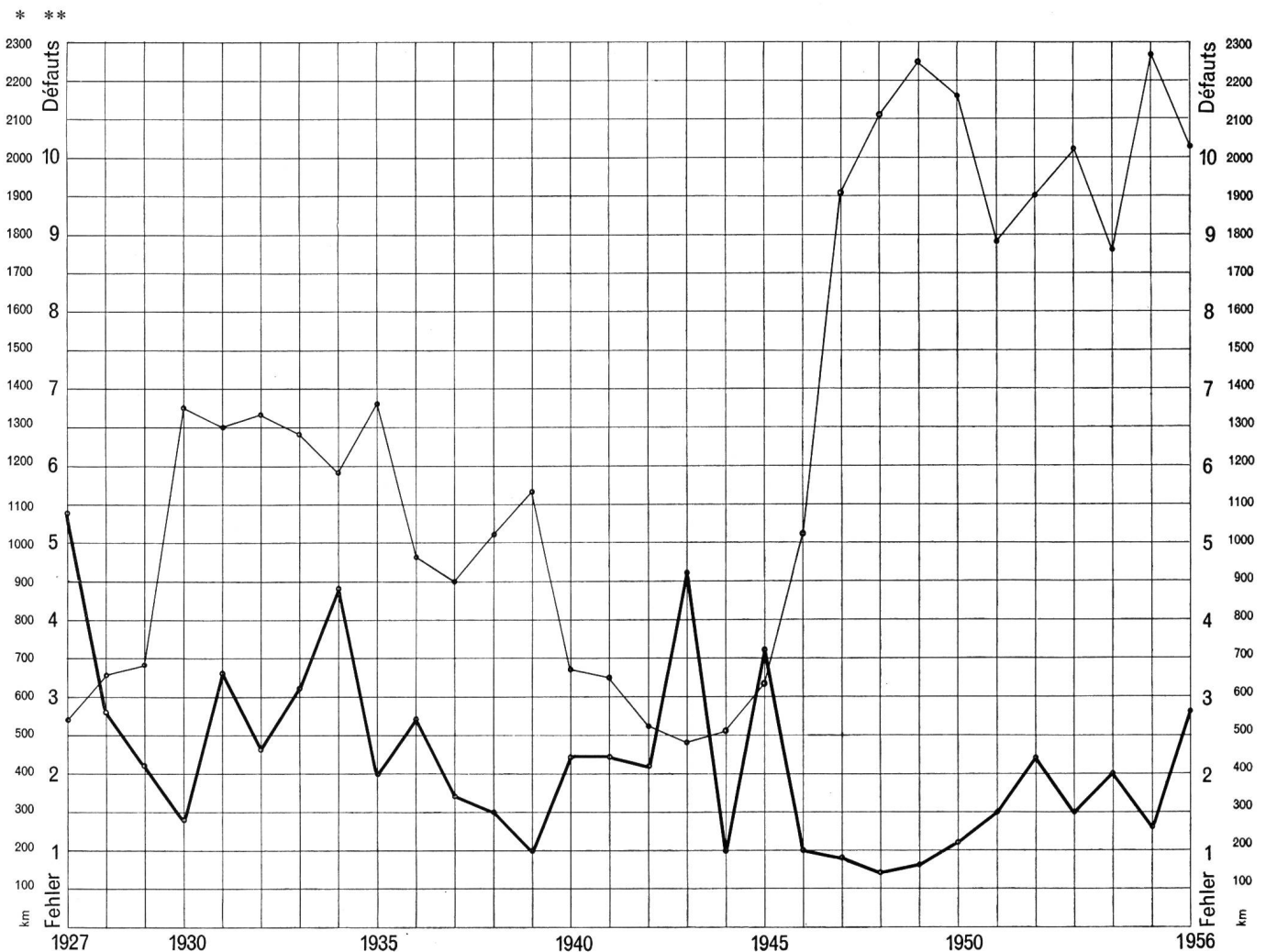


Fig. 5. Fabrikationsfehler im Verhältnis zu 100 km der im gleichen Jahre ausgelegten Kabel  
Défauts de fabrication par 100 km de câble posés la même année

\* Länge der im gleichen Jahre ausgelegten Kabel in km – Longueur en km des câbles posés la même année

\*\* Fehler pro 100 km der im gleichen Jahr ausgelegten Kabel – Défauts par 100 km de câble posés la même année

**Tabelle II Fabrikationsfehler**

Jahre	Undichte Bleimantel	Isolationsfehler	Aderunterbrüche	Armaturfehler
1927...1946	58%	19%	20%	3%
1947...1951	47%	7%	22%	24%
1952...1956	31%	56%	11%	2%
1927...1956	50%	27%	18%	5%

**4. Montierungsfehler**  
(s. *Tabelle III*)

In der Zeit zwischen den Jahren 1930 und 1939 wurden nur etwa zwei Montierungsfehler (Fig. 6) je 100 km im gleichen Jahre ausgelegter Kabel festgestellt; dieses Verhältnis stieg im Jahre 1956 auf 10 Fehler je 100 km Kabellänge (Fig. 7).

**Tabelle III Montierungsfehler**

Jahre	Beschädigte Bleimantel	Ver-spleissungen Isolationsfehler	Bleilötfehler	Andere Fehler
1927...1946	31%	32%	37%	-
1947...1951	19%	52%	29%	-
1952...1956	18%	47%	29%	6%
1927...1956	23%	43%	31%	3%

**4. Erreurs de montage**  
(voir *tableau III*)

Entre 1930 et 1939, on comptait 2 défauts environ par 100 km de câbles posés la même année (fig. 6); ce chiffre a passé à 10 défauts par 100 km en 1956 (fig. 7).

**Tableau III Erreurs de montage**

Années	Gaines de plomb endommagées	Erreurs d'épissage Défauts d'isolement	Erreurs de soudage du plomb	Autres défauts
1927...1946	31%	32%	37%	-
1947...1951	19%	52%	29%	-
1952...1956	18%	47%	29%	6%
1927...1956	23%	43%	31%	3%

Durant la période 1952 à 1956, les erreurs de montage se sont réparties à peu près de la même manière que de 1947 à 1951 entre les endommagements de la gaine de plomb, les erreurs d'épissage et défauts d'isolement et les fautes de soudage du plomb. Cet état de choses peu satisfaisant est dû au développement rapide du téléphone pendant et après la deuxième guerre mondiale, à la mise à contribution intensive des épisseurs qui en est résultée et au fait que depuis 1946 on a dû engager de nombreux jeunes épisseurs sans expérience suffisante. Il convient en-



Fig. 6. Montierungsfehler - Défauts de montage

Die Verteilung der Montierungsfehler auf beschädigte Bleimäntel, Verspleissungen und Isolationsfehler, sowie Bleilötfehler war im Zeitraum 1952...1956 praktisch dieselbe wie jene in den Jahren 1947...1951.

Das unerfreuliche Ansteigen der Montagefehler dürfte auf die sprunghafte Entwicklung des Telefons während und nach dem Zweiten Weltkriege zurückzuführen sein, mit anderen Worten, auf die starke Beanspruchung des Spleisserpersonals einerseits und andererseits den etwa seit 1946 zum Einsatz gelangenden Nachwuchs, dem es an einer langjährigen Erfahrung noch fehlte. Dabei ist zu beachten, dass nicht jeder Montierungsfehler nach Fertigstellung der Anlage erkannt wird, sondern sich erst nach Jahren durch eine Störung auswirkt.

### 5. Mechanische Beschädigungen

Diese Kategorie (Fig. 8) weist die grösste Fehlerzahl auf und ist zugleich diejenige mit der stärksten Zunahme der Kabelfehler in den Jahren 1946...1956.

core de relever que les erreurs de montage ne se revelent pas toutes après l'achèvement de l'installation, mais ne sont souvent découvertes qu'au bout de plusieurs années, lorsqu'elles sont la cause de dérangements.

### 5. Endommagements mécaniques

Il s'agit là de la catégorie qui accuse le plus grand nombre de défauts et dans laquelle l'augmentation est la plus forte depuis 1946 (fig. 8). Actuellement, trois câbles doivent être réparés chaque jour pour cause d'endommagements mécaniques, aussi avous-nous tout lieu de nous demander quelles mesures plus sévères il faudrait prendre pour lutter contre ce mal, dû à l'activité qui règne dans le domaine de la construction. La plus grande partie de ces dommages sont causés par des pioches, barres à mine, pelles mécaniques, marteaux pneumatiques, etc., la part des pelles mécaniques étant prépondérante (voir *tableau IV*).

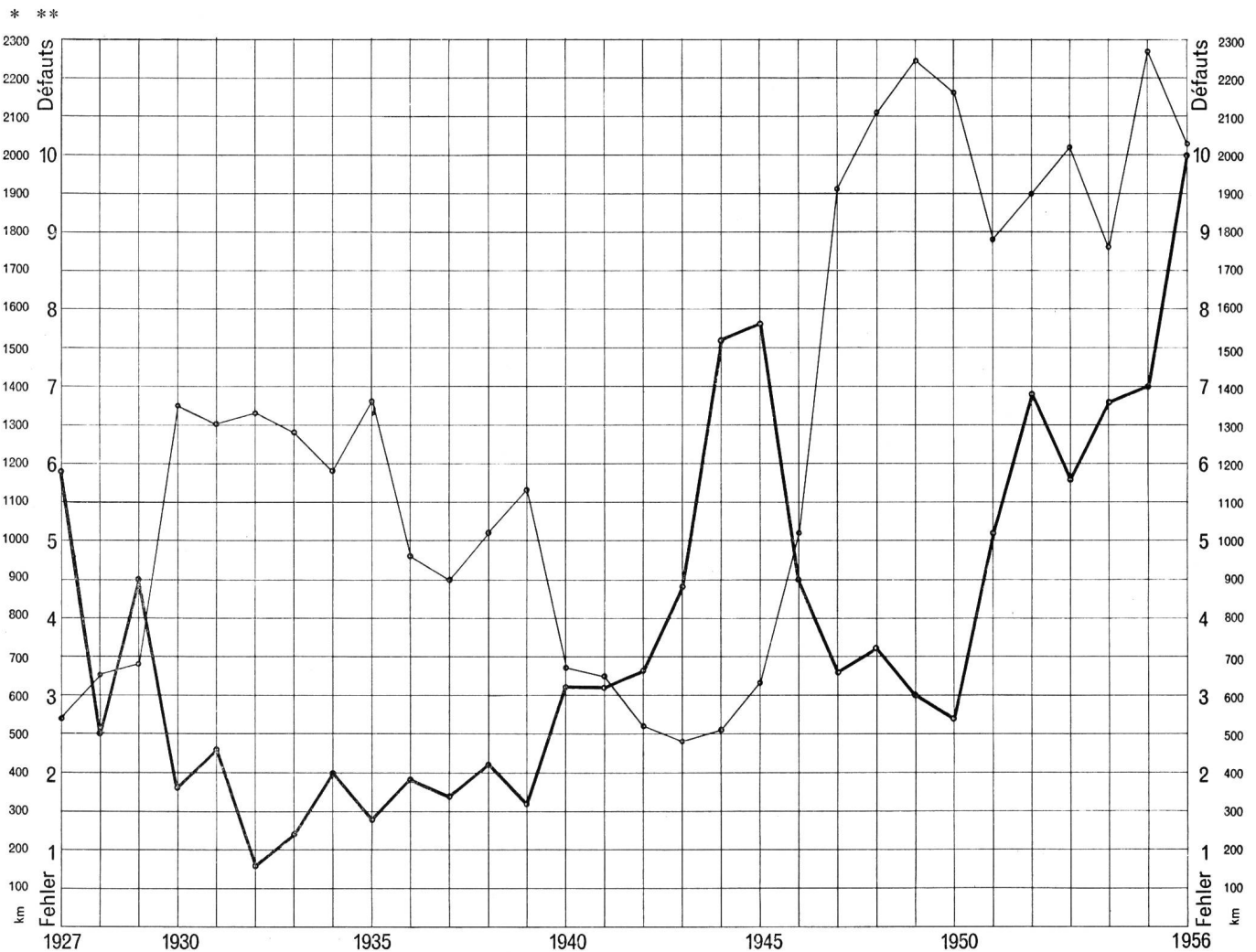


Fig. 7. Montierungsfehler im Verhältnis zu 100 km der im gleichen Jahre ausgelegten Kabel – Défaits de montage par 100 km de câble posés la même année

\* Länge der im gleichen Jahre ausgelegten Kabel in km – Longueur en km des câbles posés la même année

\*\* Fehler je 100 km der im gleichen Jahre ausgelegten Kabel – Défaits par 100 km de câble posés la même année

Heute müssen durchschnittlich täglich drei mechanisch beschädigte Kabel repariert werden, Grund genug, um sich ernsthaft zu überlegen, mit welchen schärferen Massnahmen gegen dieses, durch die rege Bautätigkeit bedingte Übel, vorgegangen werden muss. Den grössten Anteil an den mechanischen Beschädigungen haben jene, die durch Pickel, Spitz-eisen, Bagger, Abbauhämmer usw. verursacht werden, wobei wiederum die Beschädigungen durch Bagger vorherrschen (s. *Tabelle IV*).

**Beschädigungen durch Pickel, Spitz-eisen, Abbauhämmer, Bagger, Meissel usw.**  
**Tabelle IV**

Jahre	Pickel	Spitzeisen Sondiereisen Pfähle	Abbau-hämmer	Bagger	Meissel Hämmer Nägel
1927...1946	42%	27%	10%	2%	19%
1947...1951	35%	17%	3%	25%	20%
1952...1956	22%	10%	4%	53%	11%
1927...1956	29%	15%	5%	36%	15%

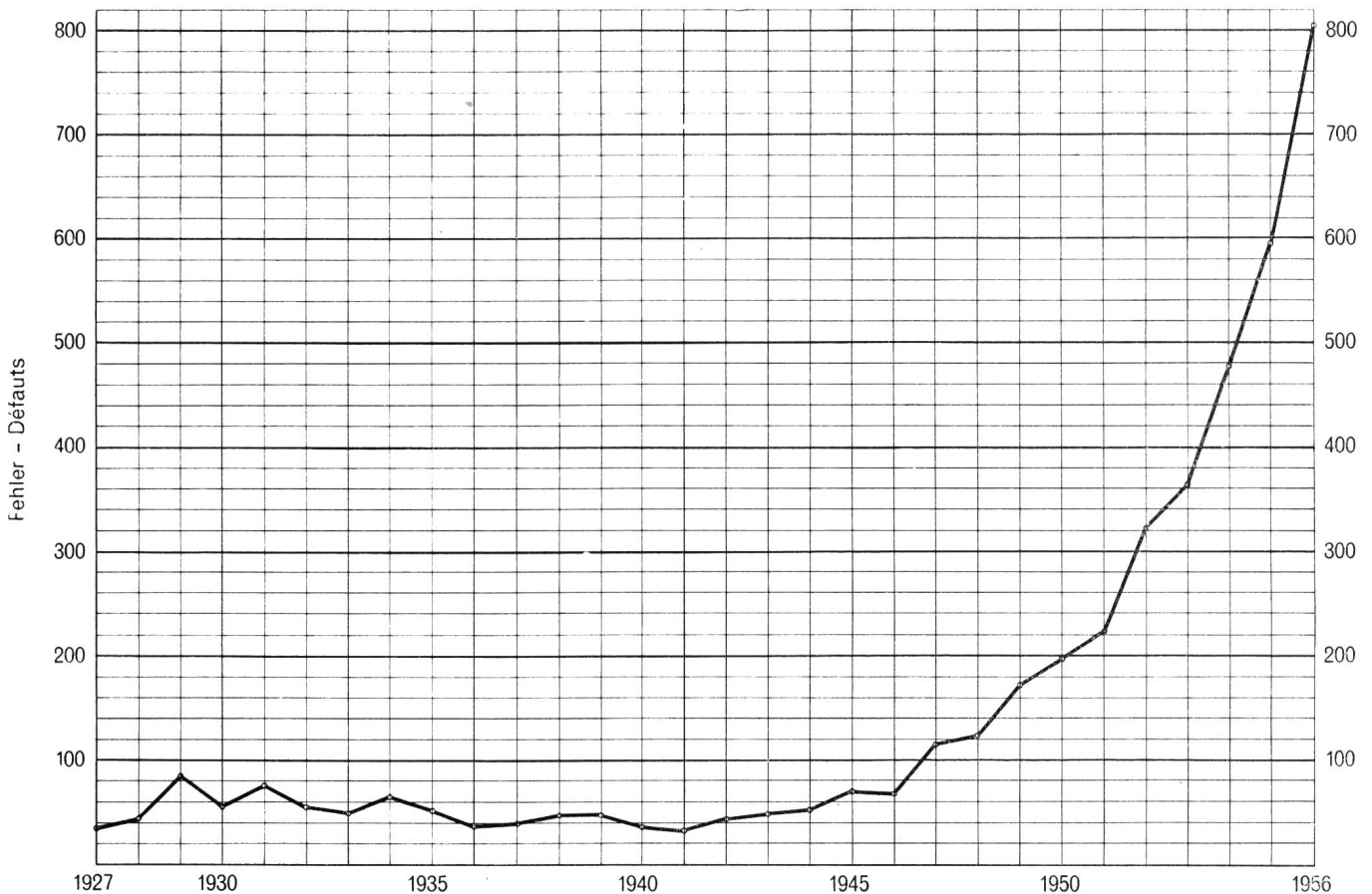
Die Folgen der vermehrten Mechanisierung der Grab- und Aushubarbeiten nach dem Zweiten Weltkrieg sind aus der *Tabelle IV* deutlich ersichtlich.

**Endommagements par des pioches, ciseaux, marteaux pneumatiques, pelles mécaniques**  
**Tableau IV**

Années	Par des pioches	Par des barres à mine, piquets, pieux	Par des marteaux pneumatiques	Par des pelles mécaniques	Par des ciseaux, marteaux, clous
1927...1946	42%	27%	10%	2%	19%
1947...1951	35%	17%	3%	25%	20%
1952...1956	22%	10%	4%	53%	11%
1927...1956	29%	15%	5%	36%	15%

On reconnaît là les conséquences de la mécanisation croissante des travaux de fouille enregistrée depuis la fin de la dernière guerre. Le renforcement des armures de câbles ou des canalisations se révèle inefficace contre l'action des lourdes machines employées dans la construction. Ni une canalisation de béton, ni un caniveau zorès proprement monté ne peuvent protéger le câble lorsque le conducteur de la pelle mécanique opère sans ménagement. Partout, dans les rues, sur les places, dans les jardins et même en terrain libre, des câbles sont arrachés par des pelles mécaniques. Il est absolument impossible de trouver un tracé sûr.

Le Code pénal suisse (du 21 décembre 1937) contient sous le titre neuvième, Crimes ou délits contre



**Fig. 8.** Beschädigungen durch Pickel, Spitz-eisen, Bagger, Abbauhämmer, usw.  
Détériorations causées par des coups de pioche ou de barre à mine, des pelles mécaniques, des marteaux pneumatiques, etc.

Eine Verstärkung der Kabelarmatur oder der Kabelkanäle gegen die schweren Einwirkungen der Baumaschinen nützt sozusagen nichts. Ein Kabel ist weder durch einen Betonkanal noch durch einen sauber montierten Zoreskanal geschützt, wenn ein Baggerführer mit seiner Maschine rücksichtslos zupackt. Überall wo Erdarbeiten ausgeführt werden, auf Strassen, Plätzen, in Vorgärten und selbst im offenen Gelände, werden Kabel durch Bagger zerrissen. Ein Ausweichen in eine absolut sichere Trasse ist unmöglich.

Das Schweizerische Strafgesetzbuch (vom 21. Dezember 1937) enthält unter «Neunter Titel. Verbrechen und Vergehen gegen den öffentlichen Verkehr» nachstehende Bestimmung: «Art. 239. 1. Wer vorsätzlich den Betrieb einer öffentlichen Verkehrsanstalt, namentlich den Eisenbahn-, Post-, Telegraphen- oder Telephonbetrieb hindert, stört oder gefährdet...., wird mit Gefängnis bestraft. 2. Handelt der Täter fahrlässig, so ist die Strafe Gefängnis oder Busse.»

Es besteht also die Möglichkeit, Personen, die unsere Anlagen beschädigen, dem Richter zu überweisen. Von diesem Recht wurde bis jetzt von der PTT-Verwaltung wenig Gebrauch gemacht, indem die Kosten der Kabelreparaturen dem Schadenurheber verrechnet und von diesem, beziehungsweise von seinem Haftpflichtversicherer bezahlt wurden. Für die PTT-Verwaltung und auch für den Täter war dies im Augenblick sicher die einfachste und bequemste Lösung. Wurde der fehlbare Unternehmer bei den Grabarbeiten zur Behebung «seines» Kabelfehlers beigezogen und konnte er seine dabei gemachten Aufwendungen sogar dem Versicherer verrechnen, so war sein Schaden in der Regel gering. Die Haftpflichtversicherungsgesellschaften der Unternehmer wiederum können sich aus Konkurrenzgründen der Schadendeckung nicht entziehen, besonders wenn gegen den Beschädiger keine Strafklage erhoben wird.

Wenn auch der PTT-Verwaltung kein direkter materieller Schaden entsteht, und die Verschlechterung der Anlagen durch die Verrechnung eines Kabelminderwertes wenigstens finanziell kompensiert werden kann, so sind wir an der Verminderung der mechanischen Kabelbeschädigungen doch sehr interessiert. Kabelschäden verursachen für die Telephon Teilnehmer sehr oft unangenehme Betriebsunterbrüche und verschlechtern damit die Qualität des Telephondienstes. Der Personalstand unserer Baudienste ist wegen Rekrutierungsschwierigkeiten immer noch sehr knapp bemessen. Die zusätzliche Belastung des Personals mit Kabelreparaturen wirkt sich daher so aus, dass weniger neue Anlagen gebaut werden können, und dass sich die Wartezeiten für neue Teilnehmeranschlüsse erhöhen. Die rasche Behebung von Kabelstörungen verlangt ausserdem sehr oft unwirtschaftliche Verschiebungen von Personal, Werkzeugkarren, Material und bringt eine starke Unruhe in die Arbeit der Baudienste.

Es liegt deshalb sowohl im Interesse der PTT-Ver-

les communications publiques, la disposition suivante:

Art. 239: «1. Celui qui, intentionnellement, aura empêché, troublé ou mis en danger l'exploitation d'une entreprise publique de transports ou de communications, notamment celle des chemins de fer, des postes, du télégraphe ou du téléphone, sera puni de l'emprisonnement.

2. La peine sera l'emprisonnement ou l'amende si le délinquant a agi par négligence.»

Nous avons donc la possibilité de déférer au juge les personnes qui causent des dégâts à nos installations. Nous n'avons jusqu'ici que peu fait usage de ce droit. Les frais des réparations de câbles étaient facturés à l'auteur du dommage, qui les payait sans discuter ou les faisait payer par son assureur en responsabilité civile. Pour l'administration des PTT comme pour le délinquant, ce mode de faire était certainement à l'époque le plus simple et le plus commode. Lorsque l'entrepreneur pouvait participer à la réparation du dommage qu'il avait causé et encore faire supporter ses frais par son assureur, il s'en tirait à bon compte. De leur côté, les compagnies d'assurance en responsabilité civile ne pouvaient, par crainte de la concurrence, refuser de couvrir le dommage, en particulier lorsqu'aucune plainte pénale n'était déposée à l'encontre de l'entrepreneur.

Néanmoins, bien que les PTT ne subissent pas de dommage matériel direct et que la diminution de qualité de l'installation puisse être compensée par la mise en compte d'une moins-value, ils ont grand intérêt à voir reculer le nombre des endommagements mécaniques. Les abonnés ressentent désagréablement les interruptions de leur raccordement et, d'autre part, la qualité du service téléphonique souffre aussi des défauts affectant les câbles. Du fait des difficultés de recrutement, le personnel des services de construction des PTT est à peine suffisant. Le travail supplémentaire que représente la réparation des câbles a pour conséquence de ralentir la construction de nouvelles installations et d'augmenter la période d'attente pour les nouveaux abonnés. La réparation rapide des dérangements de câbles exige en outre très souvent des transports onéreux de personnel, de charrettes d'outillage, de matériel et gêne l'exécution du travail des services de construction. Les PTT et les usagers ont donc certainement intérêt à ce qu'on agisse plus sévèrement contre les auteurs de dommages aux câbles et à ce que les responsables, lorsqu'ils ont agi intentionnellement ou par négligence, soient appelés à rendre compte de leurs actes devant le juge. Bien entendu, l'administration des PTT doit veiller à ce que chaque entrepreneur, architecte, propriétaire foncier ou conducteur de travaux puisse dûment s'informer, en temps utile, du tracé de ses installations de câbles. Si nécessaire, ce tracé est marqué par des piquets.

La direction des téléphones a aussi le devoir de mettre en garde les entrepreneurs et architectes contre les dégâts qu'ils pourraient causer aux instal-

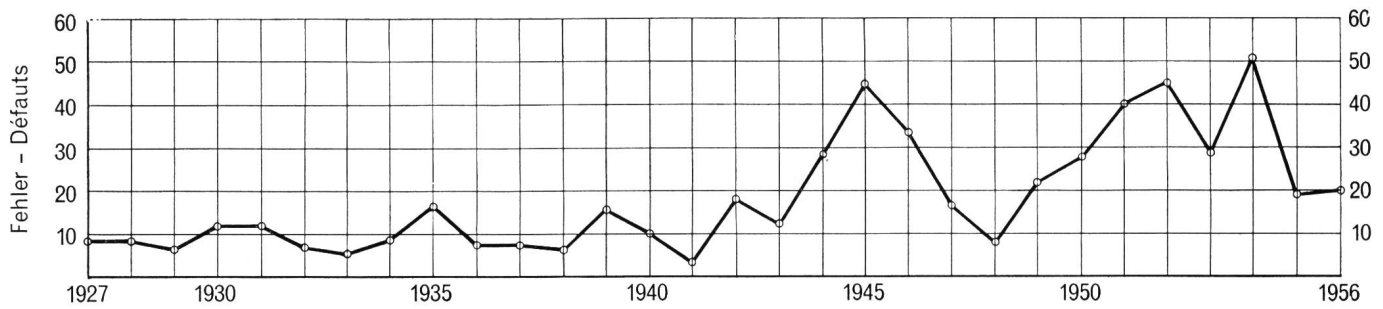


Fig. 9. Beschädigungen bei Schachtbauten und Arbeiten in Schächten  
Détériorations survenues lors de transformations de chambres de câbles ou de travaux dans les chambres

waltung als auch der Benutzer, wenn die zuständigen Stellen gegen die Beschädiger unserer Kabelanlagen schärfer vorgehen als bisher und alle Täter von vorsätzlichen und grobfahrlässigen Handlungen durch den Richter aburteilen lassen. Die PTT-Verwaltung muss ihrerseits selbstverständlich dafür besorgt sein, dass sich jeder Unternehmer, Architekt, Grundeigentümer oder Bauführer rasch und zuverlässig über den Verlauf unserer Kabel auf den Baustellen orientieren kann. Nötigenfalls ist die Trasse sogar mit Pfählen zu markieren. Den Telephondirektionen liegt auch die Pflicht ob, alle Baufirmen, Unternehmer und Architekten vor der Beschädigung unserer Anlagen zu warnen, auf die Möglichkeit der Verhütung von Kabelschäden aufmerksam zu machen und ihnen die Folgen einer Beschädigung vor Augen zu führen.

Die Zahl der Beschädigungen durch Pickel ist immer noch eine recht grosse. Es hat sich auch gezeigt, dass dort, wo ein zweites Kabel nachträglich einer Anlage mit bandarmierten Kabeln entlang ausgelegt werden muss, Beschädigungen der freizulegenden alten Kabel fast unvermeidlich sind. Trassen mit bandarmierten Kabeln erweisen sich für Kabelnachschiebe als gänzlich ungeeignet.

Die bei Schachtbauten und Arbeiten in Schächten verursachten Fehler haben sich, trotz der steigenden Zahl solcher Arbeiten, während der letzten Jahre nicht stark vermehrt (s. Fig. 9). Wer weiss, in welcher hohen Masse unsere Kabel bei Schachtbauten gefährdet sind, stellt fest, dass diese Arbeiten sehr sorgfältig ausgeführt werden.

Dennoch möchten wir auf einen Schadenfall hinweisen, der die Folgen zeigt, wenn die Bleimäntel der Kabel nach den Schachtbauten nicht oder nur unsorgfältig geprüft werden. Im Jahre 1954 barst in

lationen des PTT, de leur signaler les moyens de les prévenir et de leur exposer les conséquences de toute négligence en ce domaine.

Le nombre des endommagements par des coups de pioche est encore assez élevé. On a constaté également que, lorsqu'un deuxième câble doit être posé ultérieurement le long des câbles à armure de feuillard, il est presque impossible d'éviter que les anciens câbles ne subissent des dégâts. Les tracés dans lesquels sont posés des câbles à armure de feuillard ne se prêtent absolument pas à des poses ultérieures de câbles.

On peut diminuer le danger d'endommagement des câbles interurbains et ruraux en choisissant les nouveaux tracés loin des routes et des zones de construction.

Le nombre des défauts causés par des transformations de chambres ou d'autres travaux aux chambres ne s'est pas fortement accru, bien que ces travaux aient augmenté au cours des dernières années (voir fig. 9). Celui qui sait à quel point les câbles sont en danger lors des transformations de chambres doit constater que le travail se fait avec grand soin. Nous tenons cependant à relater un cas d'endommagement qui montre ce qui peut arriver lorsque, après les transformations, les gaines ne sont pas ou ne sont qu'insuffisamment contrôlées:

En 1954, une importante canalisation d'eau sauta dans l'une de nos villes. La canalisation pour câbles téléphoniques, d'habitude absolument sèche, fut soudain remplie d'eau. Celle-ci pénétra dans les câbles par 9 endroits ne présentant pas une étanchéité suffisante et près de 1500 raccords se trouvèrent hors service. On constata par la suite que tous les défauts d'étanchéité devaient provenir des trans-

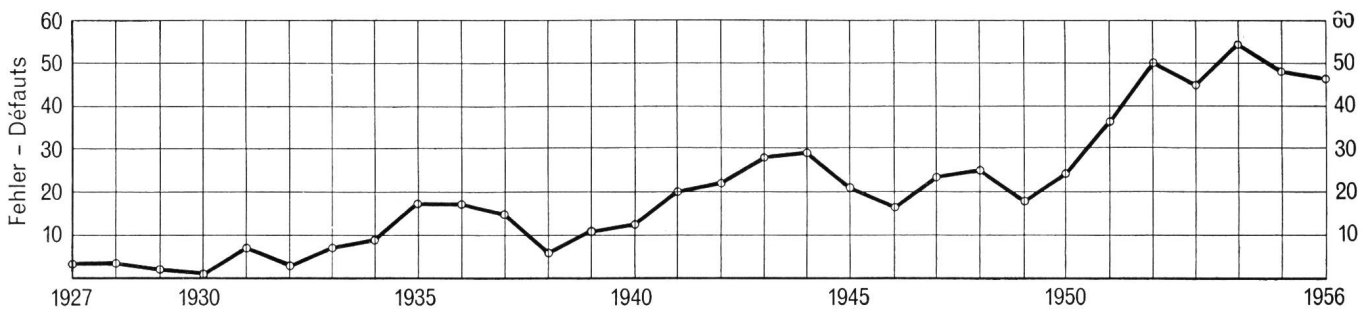


Fig. 10. Durch Nagetiere verursachte Schäden - Dégâts causés par des animaux rongeurs

einer unserer Städte eine grosse Wasserleitung. Die sonst stets trockene Kabelrohranlage wurde plötzlich unter Wasser gesetzt. Das Wasser drang durch neun undichte Stellen an Bleimänteln in die Kabel ein und fast gleichzeitig wurden etwa 1500 Abonnentenleitungen ausser Betrieb gesetzt. Nachträglich wurde festgestellt, dass alle Undichtigkeiten der Bleimäntel als von Schachtumbauten herrührende Fehler betrachtet werden mussten. Möge jeder, der mit solchen Umbauten irgendwie zu tun hat, aus diesem Schadenfall lernen!

Figur 10 stellt die Zahl der durch Nagetiere verursachten Schäden dar. Figur 11 zeigt die steigende Kurve der durch Naturereignisse entstandenen Schäden, wie Erdbeben, Lawinen, Überschwemmungen, Feuersbrünste usw. In den durch Explosionen verursachten Schäden (Fig. 12) sind auch jene Störungen inbegriffen, die durch Geschosse irgendwelcher Art verursacht wurden.

Für die Störungsanfälligkeit einer Kabelanlage ist das Verhältnis der Zahl der Kabelfehler je 100 km charakteristisch. Figur 13 zeigt den Verlauf dieses Verhältnisses

formations à la chambre de câbles. Que tous ceux qui ont à exécuter de telles transformations tirent de cet exemple la conclusion utile.

La figure 10 montre les endommagements causés par les rongeurs. On voit à la figure 11 que les dégâts dus à des événements naturels (éboulements, avalanches, inondations, incendies, etc.) suivent une courbe ascendante. Les dégâts causés par des explosions (fig. 12) contiennent aussi les dérangements provoqués par des projectiles.

Le nombre de défauts par rapport à 100 km de câbles posés représente la fréquence des dérangements de câbles. La figure 13 montre la variation de ce rapport pour les années de 1927 à 1956, pour les défauts dus à des causes mécaniques et pour l'ensemble des défauts. Les deux courbes révèlent une forte augmentation de la fréquence des dérangements depuis 1940. Contrairement aux courbes tracées d'après les chiffres absolus, cette figure montre que la fréquence des dérangements avait déjà une fois été particulièrement élevée, soit au début de l'établissement des relevés statistiques, de 1927 à 1929.

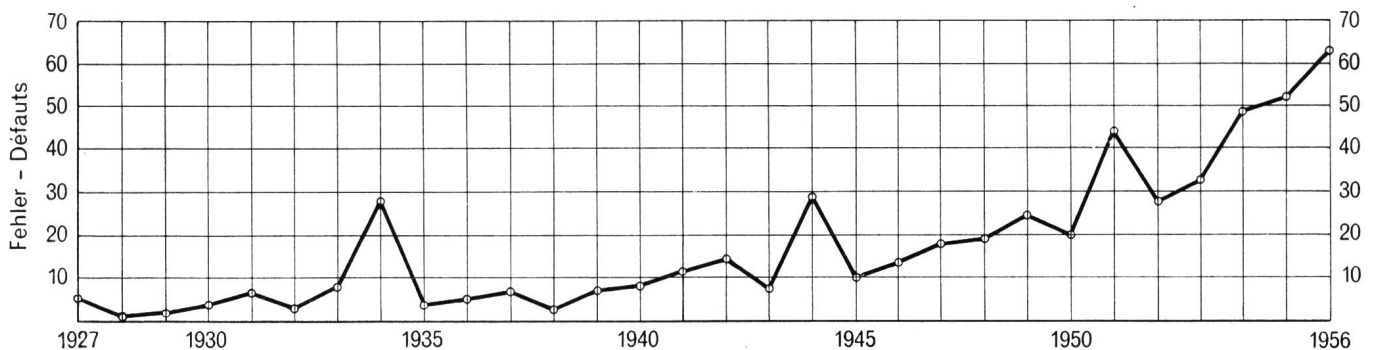


Fig. 11. Durch Naturereignisse verursachte Kabelschäden – Dégâts causés par des événements naturels

nisses in den Jahren 1927...1956 für die durch mechanische Einwirkungen verursachten Fehler und für das Total aller Kabelfehler überhaupt. Aus beiden Kurven geht eine starke Zunahme der Störungsanfälligkeit seit 1940 hervor. Im Gegensatz zu den Kurven mit den absoluten Fehlerzahlen, ist aus Figur 13 auch die hohe Störungsanfälligkeit in den Jahren 1927...1929 ersichtlich.

## 6. Korrosionsschäden

Die Ausscheidung der Korrosionsschadenfälle (s. Fig. 1) erfolgt nach eingehender Prüfung der Art und Form der Schäden. Zur Abklärung der Fehlerursache wird in besonderen Fällen das Korrosionsprodukt nach seiner chemischen Zusammensetzung untersucht. Die Baudienste der Telephondirektionen senden von den auf Korrosion zurückzuführenden Ka-

## 6. Défauts dus à la corrosion

Le classement des défauts dus à la corrosion ne se fait qu'après un examen attentif des dégâts. Pour déterminer la cause du défaut, on analyse chimiquement, dans certains cas, le produit de la corrosion. Le service de construction des directions des téléphones envoie à la direction générale des PTT, pour examen un tronçon des câbles échangés pour cause de défaut dû à la corrosion. Si l'on constate dans le sol des conditions anormales, les services du laboratoire étudient sur place la cause du défaut.

La prescription qui obligeait à ne pas tolérer, dans le produit d'imprégnation des enveloppes de câble, soit le papier et le jute, une teneur en phénol supérieure à 0,001 %, a été abandonnée. Les expériences faites ont montré que, dans les cas de corrosion

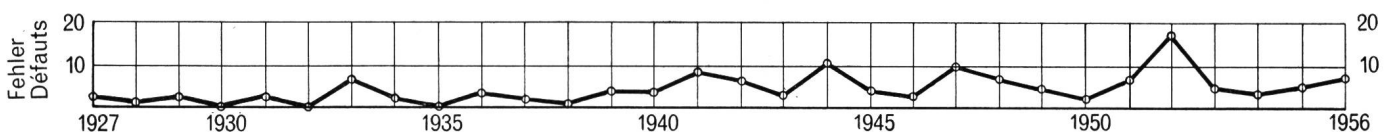


Fig. 12. Beschädigungen durch Explosionen – Dégâts causés par des explosions

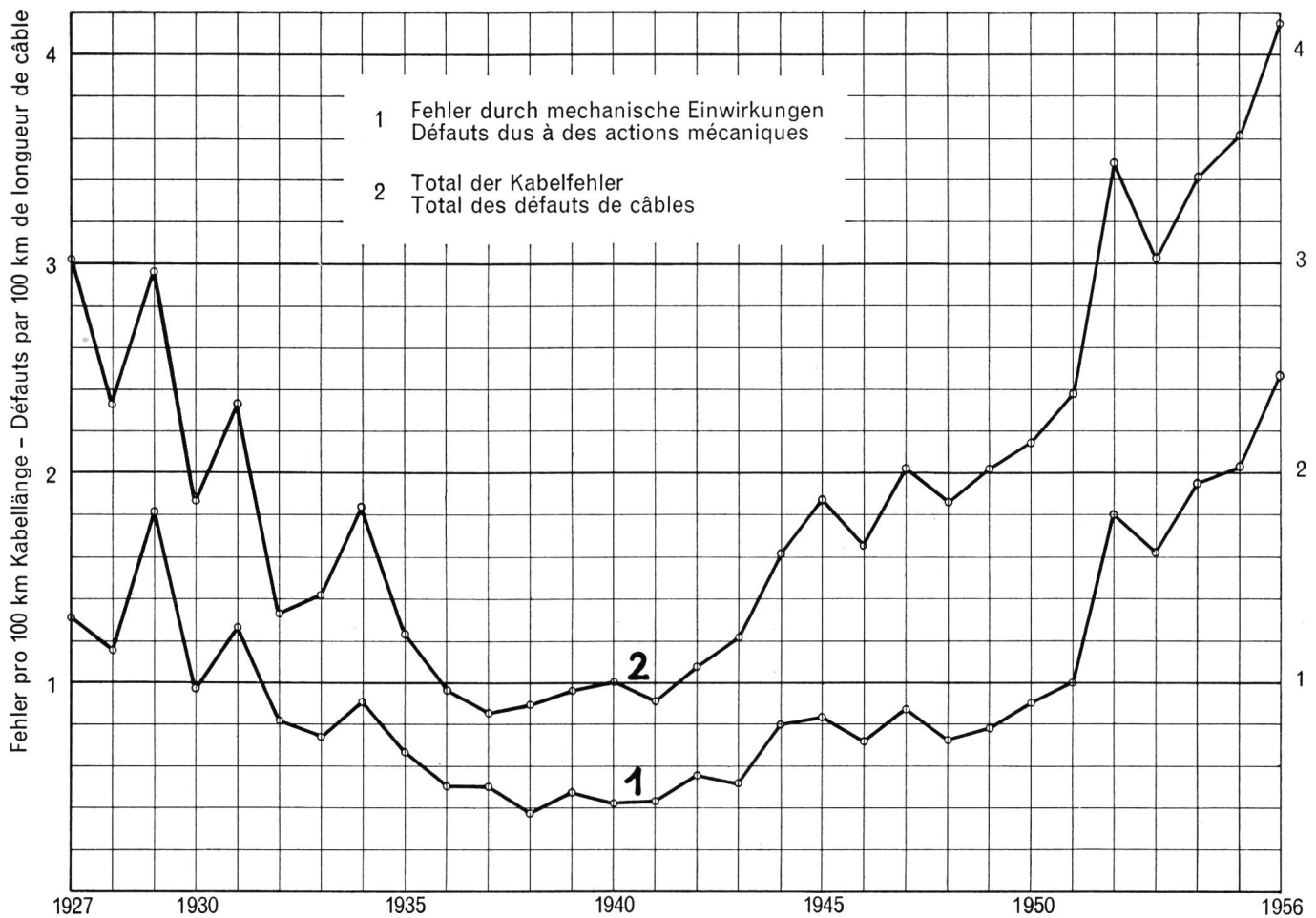


Fig. 13. Verhältnis der Zahl der Kabelfehler zu 100 km Kabellänge – Nombre relatif des défauts de câbles par 100 km de longueur de câble

befehlern einen Kabelabschnitt zur Untersuchung an die GD PTT, sofern das defekte Kabelstück ausgewechselt wurde. Werden ganz anormale Zustände im Felde festgestellt, so wird die Schadenursache durch die Forschungs- und Versuchsanstalt PTT an Ort und Stelle abgeklärt.

Die bisher gültige Bestimmung für die Kabelfabriken, dass der Phenolgehalt des Imprägnierungsmittels für die Bleimantelhüllung, das heisst Papier und Jute, nicht mehr als 0,001% betragen darf, wurde fallen gelassen. Die Untersuchungen haben nämlich gezeigt, dass dem Phenolgehalt bei den sogenannten «Phenolkorrosionen» mit ihren charakteristischen Merkmalen nicht jene Bedeutung zukommt, wie sie früher angenommen wurde. Da die Ursache dieser Korrosionsart indessen noch nicht eindeutig abgeklärt ist, so wird sie weiterhin unter der Bezeichnung der «sogenannten Phenolkorrosion» klassiert [6...12].

Die Korrosionsstatistik von 1927 bis 1956 erfasst insgesamt 3532 Korrosions- und 830 Blitz- und Starkstromschäden. Davon konnten 169 Schadenfälle nicht ausgewertet werden, da die Angaben auf den Fehlermeldungsformularen nur lückenhaft waren und keine entsprechenden Kabelabschnitte zur Prüfung eingesandt wurden.

Es ist zu hoffen, dass mit der Einführung des neuen Meldeformulars und dessen exakter Ausfüllung die

dite par l'effet du phénol, avec ses signes caractéristiques, la teneur en phénol n'avait pas l'importance qu'on lui attribuait jusque là. La cause de ce genre de corrosion n'étant toutefois pas encore clairement définie, les défauts qu'elle provoque sont toujours classés sous la catégorie «corrosion par l'effet du phénol» [6...12).

La statistique des cas de corrosion pour la période de 1927 à 1957 porte sur 3532 défauts dus à la corrosion et 830 défauts dus à l'action de la foudre ou du courant fort. De ce nombre, 169 cas n'ont pu être étudiés, du fait que les indications fournies n'étaient pas suffisantes et qu'aucun bout de câble n'avait été envoyé.

Il faut espérer qu'avec l'emploi de la nouvelle formule d'avis de défaut, remplie avec toute l'exactitude voulue, le nombre des défauts dus à une cause indéterminée ira en diminuant. Ils devraient se limiter aux cas où le câble n'a été ni réparé ni échangé, le revêtement de la route étant trop coûteux ou le tracé trop difficile à atteindre, et où un nouveau câble a été posé sur un autre tracé.

Alors qu'au cours des 25 premières années de statistique des défauts de câble, le nombre des cas de corrosion s'est élevé à 1747, il a passé à 3532 en 30 ans. Pendant les 5 dernières années, on a relevé presque



Zahl der jährlich auftretenden unbekannteren Fälle vermindert wird. Diese sollten sich dann nur noch auf jene Fehler beschränken, bei denen eine Kabelaustausch oder Reparatur des Kabels wegen des teuren Strassenbelages oder schwer zugänglicher Trassen unterblieb und ein neues Kabel auf eine andere Trasse verlegt wurde.

Die Zahl der Korrosionsschäden in den ersten 25 Jahren ist seit der Führung der Kabelfehlerstatistik auf 1747 Fehler gestiegen; jetzt, nach 30 Jahren, sind 3532 Schadenfälle registriert worden. In den letzten fünf Jahren traten somit ziemlich genau ebenso viele Korrosionsschäden auf, wie in den ersten 25 Jahren der Fehlerstatistik, was für deren Wichtigkeit spricht.

In Figur 14 sind, ausser der Zahl der Korrosionsschäden, auch die ausgelegten Kabellängen, die Trassen

autant de cas que pendant les 25 années précédentes, ce qui montre l'importance de la statistique.

Les courbes de la figure 14 représentent non seulement le nombre des cas de corrosion, mais aussi la longueur des câbles posés et des tracés, ainsi que l'importance des frais de réparation en fonction du temps. Il en ressort clairement que ces frais ne s'accroissent pas parallèlement au nombre des cas de corrosion. Leur rapide progression en 1954 et plus encore en 1956 provient du fait que ces années-là de grandes longueurs de câbles corrodées en plusieurs endroits et par conséquent souvent affectées de dérangements n'ont plus été réparées, mais remplacées entièrement par de nouveaux câbles. Les frais en résultant ont été inscrits pour la plus grande partie sous le compte «Corrosion». De 1926 à 1956, la lon-

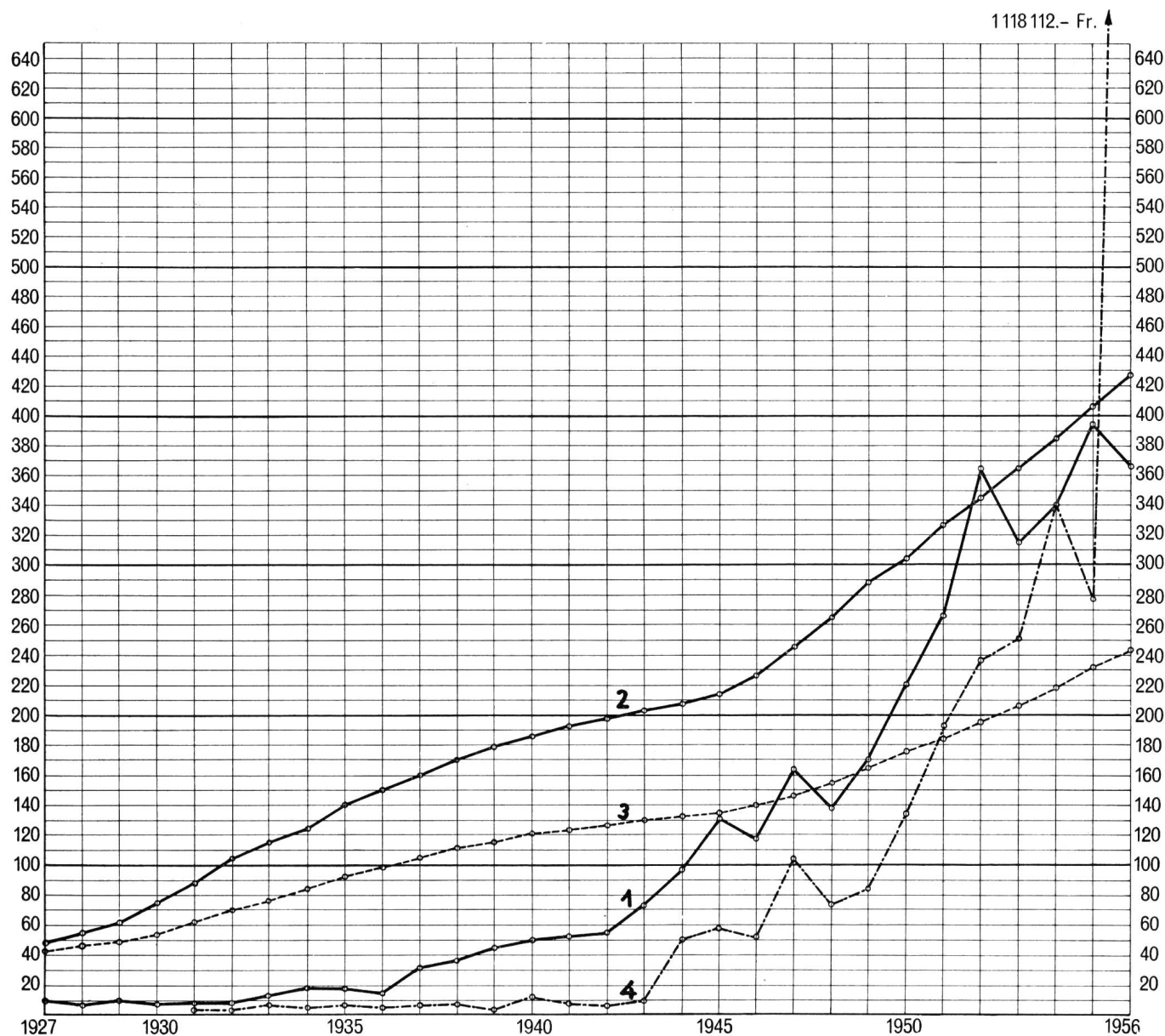


Fig. 14. Kabelfehler, verursacht durch Korrosion. Kabel- und Trasselängen, Reparaturkosten  
 Défauts dus à la corrosion, longueurs des câbles et des tracés, frais de réparation  
 1 = Kabelfehler verursacht durch Korrosion - Nombre de défauts dus à la corrosion  
 2 =  $\times$  100 km Kabellänge - Longueur des câbles  
 3 =  $\times$  100 km Trasselänge - Longueur des tracés  
 4 =  $\times$  1000 Fr. Reparaturkosten - Frais de réparation

selängen und die Höhe der Reparaturkosten als Funktion der Zeit aufgetragen. Diese Darstellung zeigt deutlich, dass die Reparaturkosten nicht mehr parallel mit der Zahl der Korrosionsschäden laufen. Der vorübergehende steile Anstieg der Reparaturkosten im Jahre 1954 und besonders derjenige im Jahre 1956 rühren davon her, dass in diesen Jahren grössere Kabellängen, die an verschiedenen Stellen korrodiert waren und immer wieder zu neuen Schadenfällen Anlass gaben, nicht mehr repariert, sondern auf der ganzen Strecke durch neue Kabel ersetzt wurden. Die dadurch entstandenen Kosten wurden weitgehend auf das Konto «Korrosion» gebucht. In den 30 von der Kabelfehlerstatistik erfassten Jahren dehnte sich unser Kabelnetz von 4268 km Länge im Jahre 1926 auf 42 644 km im Jahre 1956 aus. In der gleichen Zeit stiegen aber die Korrosionsschäden von 6 auf 3532 Schadenfälle oder um ungefähr das 600-fache an.

Es ist bekannt, dass die Fehlerzahl unverhältnismässig rascher ansteigt, als die Kabellänge zunimmt. Dabei ist einerseits das Kabelalter und die Zunahme der anteilmässig stark überwiegenden «Phenolkorrosion» zu berücksichtigen und andererseits auch, dass auf 1 km Kabellänge mehrere Korrosionsschäden auftreten können [12].

Von den 3532 Korrosionsschäden entfallen 3201 = 90,6% auf Kabel mit Bleimanteldicken von 1,5...2 mm und 331 = 9,4% auf Kabel mit 2,5...3,5 mm starken Bleimänteln. Der Wert verschob sich im Vergleich zur früheren Statistik um 3% zu Ungunsten der dickeren Bleimäntel. Diese Erscheinung zeigt, dass mit der Zeit auch die letzteren durch Korrosion angegriffen werden.

Von den 2731 Schadenfällen an verlegten Kabeln, die wir unter rein chemischer Korrosion (Fig. 16), sogenannter «Phenolkorrosion» (Fig. 17) und elektrolytischer Korrosion (Fig. 18) einreiheten, waren 2636 Schäden = 96,5% in Zoreiseisenkanälen, 53 = 1,9% in Zementstein-Zementrohrkanälen, 15 = 0,6% in Kellerräumen unter Kulisseisen und 27 = 1% in Einstieg- oder gewöhnlichen Plattenschächten. Diese Verhältnisse sind gegenüber der früheren Kabelfehlerstatistik praktisch konstant geblieben.

Dagegen wurden anlässlich Umpupinisierungsarbeiten in einer der ältesten Rohrkanalanlagen der Schweiz, an einem in den Jahren 1920...21 verlegten, flachdrahtarmierten Kabel Korrosionsschäden festgestellt. An den Fehlerstellen war der Rohrkanal zeitweise unter Wasser. Die Untersuchung der schadhafte Bleimantelstücke zeigte ziemlich ausgedehnte flache Wannen, mit gewöhnlichem Bleikarbonat als Korrosionsprodukt. Der Schaden war eine rein chemische Korrosion, als dessen Ursache das eingedrungene Bodenwasser angesprochen werden kann. Die Armaturredrähte waren in einer schmalen Längszone, offenbar dort, wo das Kabel die Rohrwand berührte, etwas angerostet. Jute und Papier waren noch verhältnismässig gut erhalten.

gueur du réseau des câbles a passé de 4268 à 42 644 km. Pendant cette même période, le nombre des cas de corrosion s'est multiplié par 600 environ, passant de 6 à 3532.

On sait que le nombre des défauts s'accroît à une cadence hors de proportion avec l'augmentation de la longueur des câbles. Il convient de tenir compte, d'une part, de l'âge des câbles et des cas de corrosion par l'effet du phénol, de beaucoup les plus nombreux et, d'autre part, du fait qu'une longueur de 1 km de câble peut être affectée de plusieurs attaques corrosives [12].

Des 3532 cas de corrosion signalés, 3201, soit 90,6%, sont apparus sur des câbles dont la gaine de plomb avait 1,5...2 mm d'épaisseur, et 331, soit 9,4%, sur des gaines épaisses de 2,5...3,5 mm. Par rapport à la statistique précédente, la proportion a varié de 3% au détriment des gaines plus épaisses. On voit par là qu'avec le temps, les gaines plus épaisses sont également attaquées par la corrosion.

Les cas de corrosion purement chimique (fig. 16), corrosion par l'effet du phénol (fig. 17) et corrosion électrolytique (fig. 18) étaient au nombre de 2731; 2636 (96,5%) se sont produits dans des caniveaux en fers zorès, 53 (1,9%) dans des canalisations en tuyaux ou plaques de ciment, 15 (0,6%) dans des caves sous des fers à coulisse et 27 (1%) dans des chambres d'ascension ou des chambres ordinaires à dalles. Ces proportions sont restées pratiquement inchangées par rapport à celles de la présente statistique.

Lors d'un changement de pupinisation, des dégâts dus à la corrosion ont été relevés sur un câble armé de fils de fer méplats posé en 1920/1921 dans l'une des plus anciennes canalisations en tuyaux de Suisse. Aux endroits attaqués, la canalisation se trouvait temporairement sous l'eau. L'examen des parties de gaine défectueuses révéla l'existence de cuvettes étendues, aplaties, remplies du produit de la corrosion sous forme de carbonate de plomb ordinaire. Il s'agissait de corrosion purement chimique, due à l'eau qui avait pénétré dans la canalisation. Les fils d'armure présentaient des traces de rouille sur une zone étroite et allongée, probablement là où le câble touchait la canalisation; le jute et le papier étaient encore relativement bien conservés.

Le *tableau V* montre la répartition des défauts entre les câbles locaux, d'une part, et les câbles ruraux et interurbains, d'autre part. Sur le total de 3532 défauts, 3081 (87,3%) concernaient les câbles locaux et 451 (12,7%) les câbles ruraux et interurbains. La proportion est quelque peu moins favorable que précédemment pour cette dernière catégorie. Il faut en chercher la cause dans le fait qu'en 1955, en plus du cas de corrosion déjà mentionné d'un câble interurbain, un certain nombre de ruptures dues à la fatigue se sont produites dans une canalisation en tuyaux.

Il est toujours intéressant de considérer les frais que provoque la réparation des câbles corrodés. Ils

**Aufteilung der Fehler auf Ortskabel und Fern- bzw. Bezirkskabel**  
**Répartition des défauts entre les câbles locaux, ruraux et interurbains**

**Tabelle V**

**Tableau V**

Fehlerart Catégorie	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941
	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	a b	a b
Rein chemische Korrosion – Cor- rosion chimique	5 –	1 –	6 –	– –	3 –	– –	5 –	5 –	4 1	3 –	6 –	6 –	12 1	14 1	10 2
Phenolkorrosion – Corrosion par l'effet du phénol											1 –	1 1	5 –	6 2	5 –
Elektrolytische Korrosion – Corro- sion électrolytique	4 1	4 –	1 2	3 –	2 –	2 –	2 –	2 –	5 –	2 –	10 –	4 2	9 –	12 –	16 1
Ermüdungsbrüche – Ruptures dues à la fatigue	– –	1 –	– –	3 1	3 –	1 –	1 5	6 4	7 1	3 5	8 6	17 6	14 2	11 4	9 2
Fehler unbekann- ter Ursache – Dé- fauts d'origine inconnue	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	1 –	– –	– –	– –	– –	– –	1 –	7 –

Fehlerart Catégorie	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956
	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	a b	a b
Rein chemische Korrosion – Cor- rosion chimique	10 2	16 –	17 1	19 2	22 1	20 –	18 1	21 3	16 2	20 1	22 –	23 1	25 3	31 10	25 1
Phenolkorrosion – Corrosion par l'effet du phénol	14 1	17 1	28 5	50 8	40 7	77 8	60 5	72 6	94 18	114 13	180 24	142 29	166 22	205 16	199 26
Elektrolytische Korrosion – Corro- sion électrolytique	12 3	16 1	– –	32 2	23 1	30 –	27 –	38 1	45 –	53 1	55 1	54 1	53 1	46 –	37 1
Ermüdungsbrüche – Ruptures dues à la fatigue	6 1	10 3	13 5	7 9	10 4	15 3	15 6	12 4	31 6	37 13	38 18	29 20	41 15	47 33	38 23
Fehler unbekann- ter Ursache – Dé- fauts d'origine inconnue	5 1	6 1	5 –	4 –	8 1	11 –	4 1	10 –	4 1	12 2	28 1	16 –	14 –	8 –	16 1

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

Die *Tabelle V* zeigt die Weiterführung der Aufteilung der Fehler auf Ortskabel und Fern- bzw. Bezirkskabel. Von den 3532 Schäden entfallen 3081 = 87,3% auf Ortskabelanlagen und 451 = 12,7% auf Bezirks- und Fernkabelanlagen. Dieses Verhältnis hat sich gegenüber früher für die letztgenannten Anlagen etwas verschlechtert. Der Grund liegt darin, dass sich im Jahre 1955, ausser den erwähnten Korrosionschäden an einem Fernkabel, in einer Rohranlage auch eine erhebliche Anzahl Ermüdungsbrüche zeigten.

sont indiqués à la figure 14. Il s'agit des frais provoqués uniquement par la réparation des dérangements, sans les pertes de taxes de conversation et les moins-values des installations.

Si l'on compare les frais de réparation avec les frais d'entretien de l'ensemble du réseau (maintien en état des chambres de câbles, nettoyage et nouvelle peinture des armoires fin de câbles et fers protecteurs, échange des câbles d'ascension défectueux et réparation d'endommagements mécaniques, etc.), on obtient les proportions suivantes:

Von grossem wirtschaftlichem Interesse für die Schadenhebung korrodierter Kabel sind die Kosten. Diese sind in Figur 14 aufgetragen und umfassen die reinen Kosten für die Schadenhebung. Die Beträge für Gesprächsausfall und Wertverminderung der Anlage sind nicht inbegriffen.

Vergleicht man den Aufwand für die Schadenhebung mit den Unterhaltskosten für die gesamten Kabelanlagen in unserem Netz, das heisst die Instandhaltung der Schächte, Reinigung und Neuanstriche von Kabelabschlusskästen und Kabelschutzeisen, Auswechslung defekter Aufstiegskabel und Reparatur von mechanischen Schäden usw., so ergeben sich die nachstehenden Prozentsätze der Unterhaltskosten:

1926	0,22 %
1936	0,79 %
1946	5,05 %
1951	13,75 %
1952	18,26 %
1953	18,38 %
1954	25,75 %
1955	19,74 %
1956	83,1 %

Diese Zahlen zeigen, dass, sobald infolge Korrosion mehrere Kabellängen ausgewechselt und mit den Kosten grösstenteils die Ausgabenrubrik Korrosion belastet wird, die Reparaturbeträge fast soviel ausmachen, wie die Unterhaltskosten für die gesamten Kabelanlagen, was 1956 der Fall war.

Der prozentuale Anstieg seit dem Jahre 1946 ist teilweise darauf zurückzuführen, dass durch die starke Zunahme der Arbeiten für Neuanschlüsse und Netzerweiterung, der Unterhalt infolge Personalknappheit etwas zurückgestellt werden musste.

Die Zunahme der Korrosionsschäden je 100 km Kabellänge wird in Figur 15 dargestellt. Die Fehlergrenze, nämlich 1 Kabelschaden durch Korrosion je 100 km Kabellänge und Jahr, ohne Berücksichtigung des Kabelalters, wurde 1952 erstmals überschritten.

1926	0,22 %
1936	0,79 %
1946	5,05 %
1951	13,75 %
1952	18,26 %
1953	18,38 %
1954	25,75 %
1955	19,74 %
1956	83,10 %

Ces chiffres montrent que, dès que plusieurs longueurs de câble doivent être échangées pour cause de corrosion et que les frais débitent pour la plus grande part la rubrique «Corrosion», les dépenses pour réparation atteignent presque le niveau des frais d'entretien de toutes les installations de câbles, ce qui a précisément été le cas en 1956.

La progression du pourcentage depuis 1946 provient aussi de ce que, en raison de la pénurie de personnel et de la forte augmentation des travaux nécessités par les nouveaux raccordements et les extensions de réseaux, l'entretien a dû, en partie, être renvoyé à plus tard.

La figure 15 montre l'accroissement du nombre des cas de corrosion par 100 km de longueur de câble. La limite de 1 défaut de câble causé par la corrosion par 100 km de longueur et par année, compte non tenu de l'âge du câble, a été dépassée pour la première fois en 1952. On constate que la valeur moyenne de 0,9 défaut par 100 km de longueur et par an n'a guère varié.

#### Répartition des cas de corrosion d'après les genres de corrosion

Les 3532 cas de corrosion annoncés ont été répartis entre les différents genres de corrosion mentionnés plus haut d'après les résultats des examens et à l'aide des observations complémentaires apportées sur les avis de défaut.

La récapitulation qui suit et les figures 16...21 renseignent sur cette répartition.

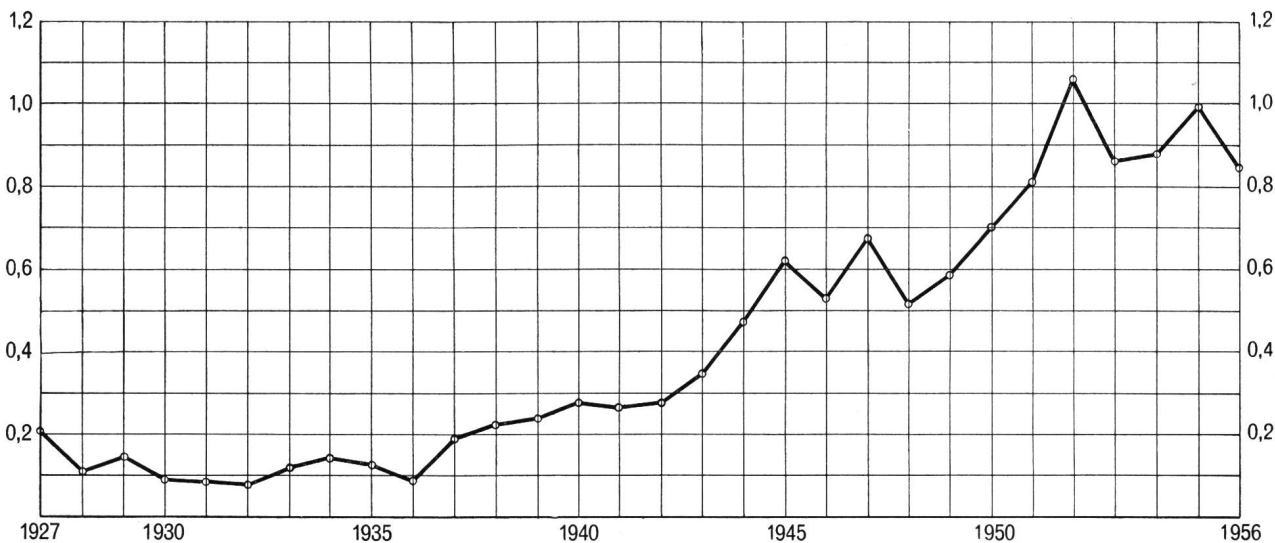


Fig. 15. Kabelfehler durch Korrosion je 100 km Kabellänge – Défauts dus à la corrosion, par 100 km de longueur de câble

Es zeigt sich, dass sich diese seit einigen Jahren unverändert auf dem Mittelwert von 0,9 Kabelschäden je 100 km und je Jahr hält.

#### Ausscheidung der Korrosionsschäden nach den einzelnen Korrosionsarten

Auf Grund der Untersuchungsergebnisse an den eingesandten Kabelabschnitten und der zusätzlichen Bemerkungen auf den Kabelfehlermeldungen haben wir die 3532 Korrosionsschäden nach den bereits früher erwähnten Korrosionsarten ausgeschieden.

Die nachstehende Zusammenstellung sowie die Figuren 16...21 geben Aufschluss über die Ausscheidung und die Verteilung.

Korrosionsart	Zahl der Schäden
Korrosion durch Baumaterialien	38
Bodenkorrosion	111
Korrosion durch bodenfremde Stoffe	274
Sogenannte «Phenolkorrosion»	1668
Elektrolytische Korrosion durch Fremdströme oder Elementbildung	640
Ermüdung an Luftpfeileranlagen	150
Ermüdung an Erdkabeln	482
Unbestimmte Schadenfälle	169

Bei den übrigen Korrosionen durch bodenfremde Stoffe können nach folgenden Ursachen ausgeschieden werden:

	Zahl der Schäden
Jauche und Urin	87
Abwasser aus Kanalisationen	64
Leuchtgas (Gasrohrbruch, dadurch Eindringen von Leuchtgas in Kabelkanalisation)	15
Abwasser aus Molkereien	3
Säuren aus Fabrikbetrieben und Salzlagern im Keller, Kabel durch Ameisenhaufen	14
Karbidrückstände	1
Schutzmuffendichtungspolster	90

Figur 16 zeigt die Zahl der rein chemischen Korrosion, d. h. Korrosion durch Baumaterialien, Bodensubstanzen oder durch bodenfremde Stoffe verursachte Fehler, das heisst, ohne die als sogenannte «Phenolkorrosion» bezeichneten. Der starke Anstieg im Jahr 1955 rührt davon her, dass allein 10 Fehler in verschiedenen Sektionen der bereits erwähnten Rohrkanalanlage auftraten. Die Fehlerstellen lagen auf einige Kilometer verteilt und wurden deshalb einzeln registriert.

Da nur selten ein Kabel jüngeren Jahrgangs von dieser Korrosionsart angegriffen wird, und die Kurve

Genre de corrosion	Nombre des défauts
Corrosion par des matériaux de construction	38
Corrosion par le sol	111
Corrosion par des matières étrangères au sol	274
Corrosion dite par l'effet du phénol	1668
Corrosion électrolytique par courants étrangers ou formation d'éléments	640
Fatigue des câbles aériens	150
Fatigue des câbles souterrains	482
Causes indéterminées	169

Les cas de corrosion par des matières étrangères au sol ont pu être répartis entre les causes suivantes:

Cause de la corrosion	Nombre des défauts
Purin et urine	87
Eaux usées des canalisations	64
Gaz d'éclairage (rupture de conduites et pénétration du gaz dans les canalisations de câbles)	15
Eaux usées de laiteries	3
Acides provenant de fabriques ou de dépôts de sel dans des caves, ou encore de fourmilières	14
Résidus de carbure de calcium	1
Matière d'obturation des manchons de protection	90

La figure 16 montre le nombre des cas de corrosion purement chimique (corrosion par des matériaux de construction, par le sol ou par des matières étrangères au sol) sans la corrosion par l'effet supposé du phénol. La forte progression constatée en 1955 provient de ce que dix défauts ont affecté différentes sections de l'installation en tuyaux mentionnée plus haut. Ils étaient répartis sur une longueur de quelques kilomètres et ont été enregistrés individuellement.

Etant donné qu'il est rare qu'un câble posé récemment soit attaqué par ce genre de corrosion et que la courbe ne présente pas d'ascension anormale, il n'y a pas lieu d'avoir des craintes à ce sujet pour l'avenir.

#### a) Corrosion par l'effet supposé du phénol

La figure 17 montre que le nombre des cas de ce genre de corrosion s'est encore accru. Les chiffres relativement bas des années 1953 et 1954 proviennent de ce que, ces années-là, les défauts de câble ont été généralement moins nombreux que les années précédentes et suivantes (voir à ce propos le tableau I).

Depuis la dernière statistique [5], le laboratoire de recherches et d'essais s'est beaucoup occupé de ce genre de corrosion [6] [8-9]. Après en avoir fixé les

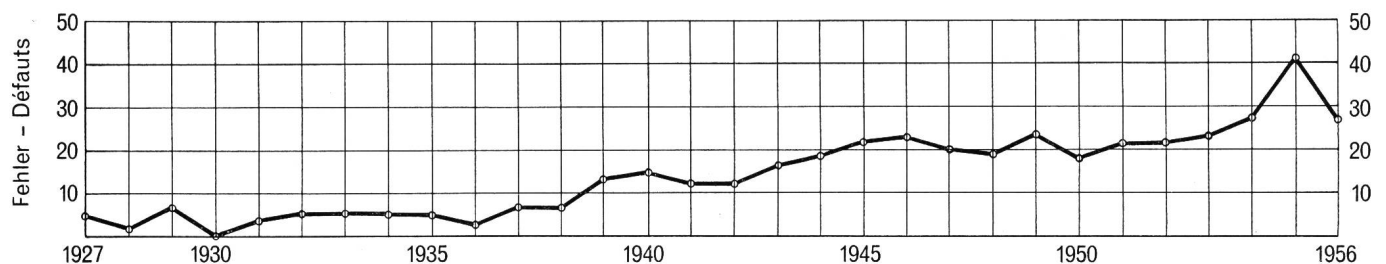


Fig. 16. Rein chemische Korrosionsschäden - Défauts dus à la corrosion purement chimique

kein anormales Ansteigen verrät, gibt sie zu keinen besonderen Befürchtungen Anlass. Die Korrosionsursachen sind praktisch dieselben geblieben wie sie in der letzten Statistik eingehend beschrieben wurden [5].

a) Sogenannte «Phenolkorrosion»

Die Figur 17 zeigt wie die Zahl der Schadenfälle dieser Korrosionsart weiter gestiegen ist. Der Rückgang dieser Schäden-Tiefpunkte in den Jahren 1953 und 1954 ist nur darauf zurückzuführen, dass in diesen Jahren allgemein weniger Kabelfehler aufgetreten sind, als vor- und nachher. Wir verweisen dazu auf die Tabelle I.

Seit der letzten Statistik [5] hat sich die Forschungs- und Versuchsanstalt PTT eingehend mit dieser Korrosionsart befasst [6] [8-9]. Nachdem es gelungen ist, im Laboratoriumsversuch die charakteristischen Merkmale dieser Korrosionsart nachzubilden, besteht die berechtigte Hoffnung, ebenfalls Mittel und Wege zu finden, dass an neu fabrizierten Kabeln diese Korrosionserscheinungen nicht mehr auftreten oder doch weitgehend vermindert werden können.

b) Elektrolytische Korrosionen

Figur 18 zeigt die Zahl der in den einzelnen Jahren aufgetretenen elektrolytischen Korrosionen. Die Korrosion durch Fremdströme und diejenige durch Elementbildung wurden dabei zusammengefasst. Bei den meisten Schadenfällen handelt es sich um Kabelanlagen älteren Datums, so dass diese Korrosionsart zu keinen Befürchtungen Anlass gibt. Neue Kabelanlagen, bei denen Fremdstrominflüsse durch Gleichstrombahnen zu befürchten sind oder bei älteren Anlagen, die schon elektrolytische Korrosionsschäden aufwiesen, werden durch Drainageeinrichtungen geschützt. Diese Schutzmassnahmen haben sich, soweit heute festgestellt werden kann, gut bewährt. So sind bis jetzt an keiner gegen Fremdströme geschützten Anlage weitere Korrosionsschäden aufgetreten.

Als besonderer Fall soll nachstehend erwähnt werden, dass erstmals in unserem Kabelnetz ein mit Eisenband armiertes Kabel durch Korrosion beschädigt wurde.

Im Jahre 1950 wurde ein Kabel zu einer Kabelüberführungsstange unter einer Gleichstrombahnanlage durchgeführt, in dessen unmittelbarer Nähe sich die Bahngleichrichteranlage befindet. Da die Kabelan-

caractéristiques par de nombreux essais en laboratoire, on est en droit d'espérer que des moyens pourront être trouvés en vue d'empêcher complètement ou partiellement cette corrosion d'attaquer les câbles nouvellement posés.

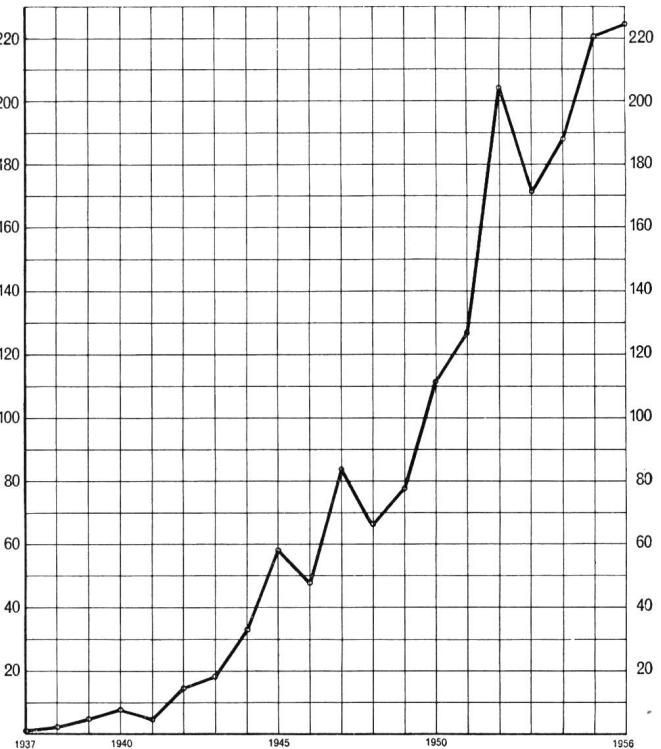


Fig. 17. Fehler durch Phenolkorrosion  
Défauts dus à la corrosion par l'effet du phénol

b) Corrosion électrolytique

La figure 18 montre, pour chaque année, le nombre des cas de corrosion électrolytique. La corrosion par des courants étrangers et celle par formation d'éléments ont été réunies. Il s'agit dans la plupart des cas d'anciens câbles, aussi ce genre de corrosion ne donne-t-il pas lieu à des craintes. Les nouvelles installations exposées à l'influence du courant des chemins de fer à courant continu et les anciennes installations déjà affectées de corrosion électrolytique sont protégées par des dispositifs de drainage. Autant qu'on puisse en juger actuellement, cette protection a donné de bons résultats. Aucune nou-

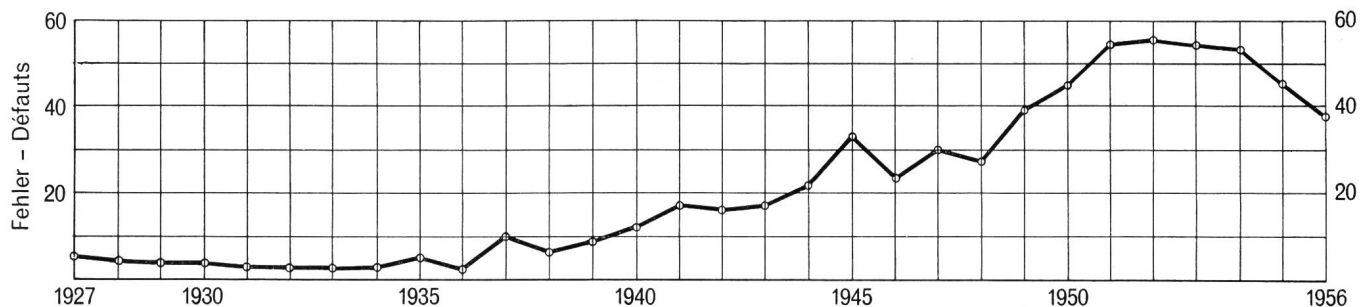


Fig. 18. Elektrolytische Korrosionsschäden - Défauts dus à la corrosion électrolytique

lage durch die Streuströme der Bahn als gefährdet betrachtet wurde, wurden Streustrommessungen durchgeführt.

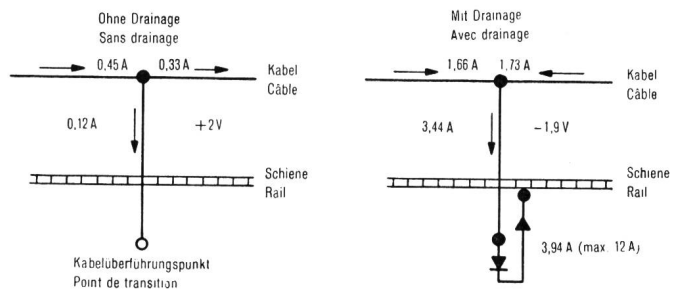


Fig. 19. Messungen von Streuströmen der Bahn, ohne und mit Drainage  
Mesure des courants de dispersion du chemin de fer, sans et avec drainage

Die Messungen zeigten, dass die Kabelanlage mit der Kabelabzweigung korrosionsgefährdet war und durch polarisierte Drainage geschützt werden konnte. Leider wurde in diesem Fall unterlassen, die Schutz-einrichtung sofort einzubauen, so dass im Jahre 1954 der Bleimantel des dünnen Abzweigkabels bereits völlig durchkorrodiert war. Da zudem das äussere Stahlband stark elektrolytisch abgebaut war, das innere dagegen nur schwache Angriffspuren aufwies, musste vermutet werden, dass die Durchverbindung von Armatur und Bleimantel bei den Spleißstellen fehlte. Dies konnte nach der Kabelauswechslung nicht mehr abgeklärt werden. Nach den heutigen Richtlinien wird die Armatur an jeder Spleißstelle mit dem Bleimantel verbunden, damit bei einer Korrosionsgefahr durch Elektrolyse vorerst das Eisen abgebaut wird.

velle атаке de la corrosion électrolytique n'a été enregistrée sur des installations protégées de la sorte.

Citons comme cas particulier que pour la première fois sur le réseau suisse un câble armé de fer feuillard a été endommagé par la corrosion.

En 1950, un câble menant à un poteau de transition a été posé sous une ligne de chemin de fer à proximité de laquelle se trouve l'installation de redresseurs. Le câble étant considéré comme mis en danger par les courants de dispersion du chemin de fer, ceux-ci ont été mesurés (voir fig. 19).

Les mesures ont montré que le câble avec le tronçon dérivé était exposé à la corrosion et pouvait être protégé par un drainage polarisé. On omit malheureusement de monter immédiatement le dispositif de protection si bien qu'en 1954 la gaine du câble de dérivation, plus mince, était entièrement corrodée. Etant donné en outre que le ruban d'acier extérieur était fortement attaqué électrolytiquement alors que le ruban intérieur ne montrait que de faibles traces de corrosion, il fallait admettre que la continuité électrique entre l'armure et la gaine de plomb aux points d'épissure manquait. Il ne fut plus possible d'élucider la chose après l'échange du câble. D'après les règles actuelles, l'armure est connectée électriquement à la gaine à chaque point d'épissure, afin qu'en cas de danger de corrosion par électrolyse le fer soit attaqué en premier lieu.

### c) Ruptures dues à la fatigue

Le nombre des défauts par ruptures dues à la fatigue est donné à la figure 20. Comme il fallait s'y attendre, ce nombre a continué de diminuer pour les installations de câbles aériens d'ancienne construc-

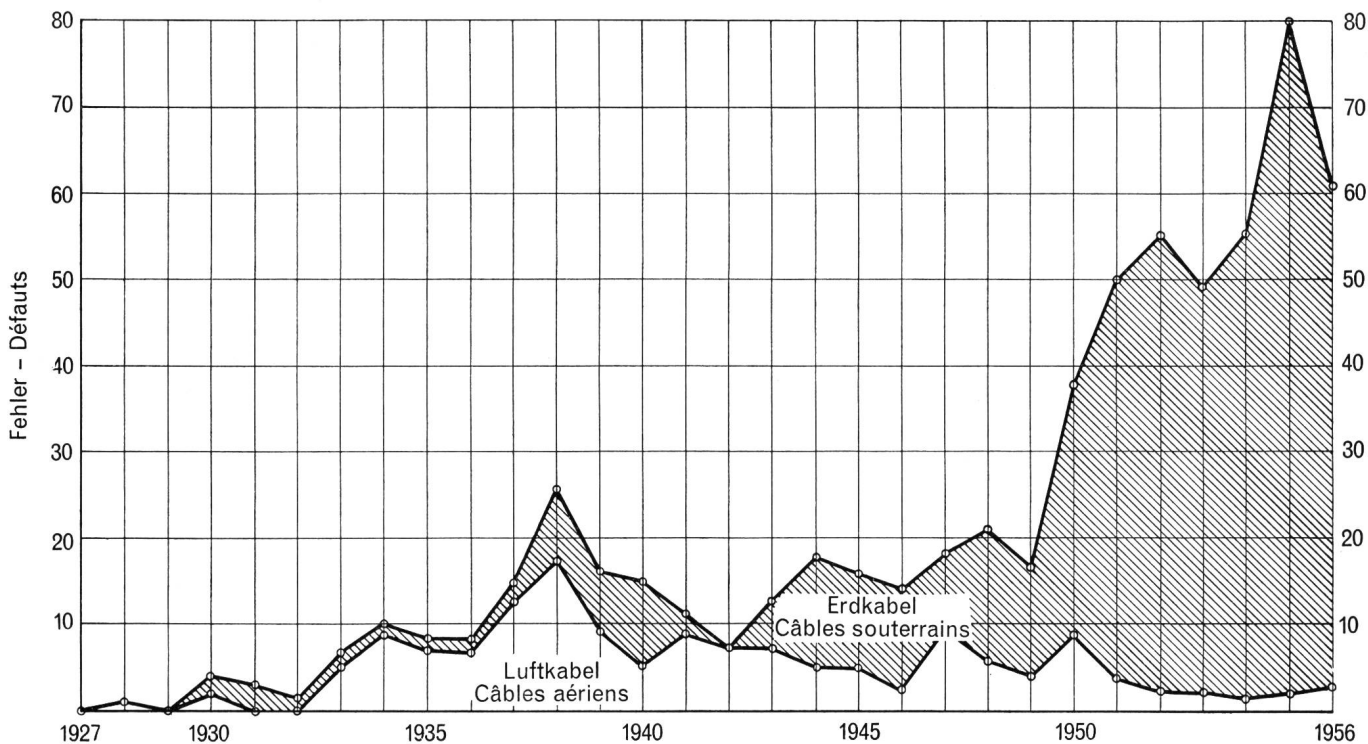


Fig. 20. Ermüdungsbrüche - Ruptures dues à la fatigue

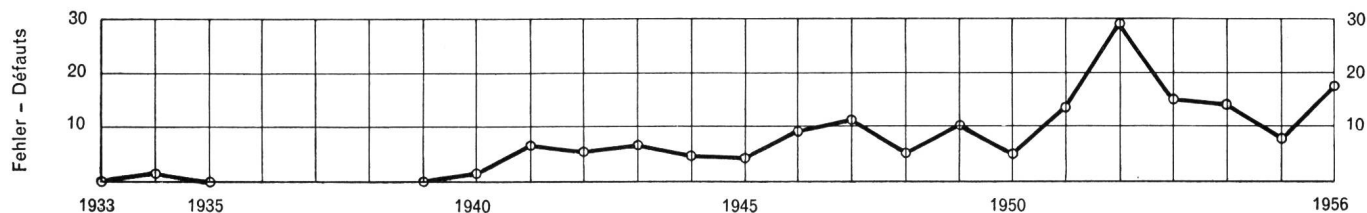


Fig. 21. Korrosionsfehler unbestimmter Ursache - Défauts non déterminés dus à la corrosion

### c) Ermüdungsbrüche

Figur 20 zeigt die Zahl der Schäden, deren Ursache Ermüdungsbrüche sind. Die Zahl der Fehler an Luftkabelanlagen der früheren Bauweise, Kabel mit Briden am Tragseil aufgehängt, ist wie erwartet, weiter gesunken. Diese noch vereinzelt, alten Anlagen werden nach und nach vollständig aus unserem Netz verschwinden. An ihre Stelle treten dafür die Kunststoffleichtluftkabel ohne Bleimantel.

Die Fehlerzusammenstellung der letzten 7 Jahre zeigt, dass von insgesamt 389 Ermüdungsbrüchen 22 Fälle auf Luftkabelanlagen, 73 auf Brückenkabel und 294, also 75,5%, auf Kabel in Schächten oder an Stützmauern fallen. An den während der letzten Jahre erstellten Luftkabelanlagen mit den selbsttragenden Kabeln oder an den an Stahlseil aufgehängten Kabeln nach der neuen Montierungsart, konnten bis anhin keine Ermüdungsschäden festgestellt werden. Bei den Fehlern in den Schächten entstehen immer Risse im Bleimantel in der Nähe der Muffe. Das Ansteigen der entsprechenden Fehlerkurve (Fig. 20) zeigt, dass in Zukunft dieser Korrosionsart vermehrte Bedeutung beigemessen werden muss. Wie weit die Widerstandsfähigkeit der Bleimäntel gegenüber der Erschütterung durch kleine Legierungszusätze im Blei für die Praxis erhöht werden kann, soll in nächster Zeit abgeklärt werden.

### d) Schäden unbestimmter Ursache

Die Kurve der Korrosionsfehler unbestimmter Ursache ist in Figur 21 aufgetragen. Wie schon erwähnt, lassen sich diese Fälle nicht vermeiden, weil das Fehlen von Kabelabschnitten verhindert, die Schadenursache abzuklären. Trotz der etwas ansteigenden Kurve besteht kein Anlass zu Besorgnis.

### e) Lebensdauer der Kabelmäntel

Wir verweisen an dieser Stelle auf die Arbeit von K. Vögtli [12], die Auskunft gibt, ob die Kabel im allgemeinen besser oder schlechter geworden seien. Die Angaben über das mittlere Fehleralter wurden deshalb nicht mehr ausgewertet, da damit keine eindeutigen Schlüsse bezüglich der Lebensdauer gezogen werden konnten.

### f) Zusammenfassung

Die Korrosionsschäden haben in den letzten fünf Jahren wieder stark zugenommen, wobei natürlich das höhere Alter der Kabelanlagen eine gewisse Rolle spielt. Eine starke Zunahme weist die weit verbreitete sogenannte «Phenolkorrosion» auf, die fast 50% der gesamten Korrosionsschäden ausmacht. Ob und wie

tion, où le câble téléphonique est suspendu au câble porteur par des brides. Les quelques installations de l'espèce qui subsistent disparaîtront peu à peu complètement de notre réseau. Elles seront remplacées par des câbles aériens à gaine de matière synthétique, sans plomb.

La récapitulation portant sur les 7 dernières années montre que sur 389 ruptures dues à la fatigue, 22 concernent des câbles aériens, 73 des câbles montés sur des ponts et 294, soit 75,5%, des câbles placés dans des chambres ou des murs de soutènement. Aucun défaut de ce genre n'a encore été constaté sur les câbles aériens autoporteurs installés ces dernières années ou sur les câbles suspendus au câble porteur suivant le nouveau mode de montage. Les défauts survenant dans les chambres sont des fissures de la gaine de plomb au voisinage du manchon. La montée de cette courbe (fig. 20) montre qu'à l'avenir il conviendra d'attacher plus d'importance à ce genre de corrosion. On pourra probablement déterminer sous peu dans quelle mesure la résistance des gaines de plomb aux trépidations est augmentée par de faibles adjonctions d'autres métaux.

### d) Défauts dont la cause n'a pas été déterminée

La courbe des défauts dus à la corrosion, mais dont la cause n'a pu être déterminée exactement, est reportée à la figure 21. Il n'est pas possible d'éviter ces indéterminations, l'absence de bouts de câble empêchant de déceler l'origine du défaut. Bien que la courbe soit ascendante, il n'y a pas lieu d'être en souci à ce sujet.

### e) Longévité des gaines de câbles

Nous prions le lecteur de se reporter au travail de K. Vögtli [12], d'après lequel on peut se rendre compte si, de manière générale, l'état des câbles s'est amélioré ou a au contraire empiré. Les indications relatives à l'âge moyen des câbles au moment de l'apparition des défauts n'ont pas été étudiées, car elles ne permettent pas de tirer des conclusions précises quant à la longévité des gaines de câbles.

### f) Récapitulation

Les défauts dus à la corrosion ont de nouveau fortement augmenté au cours de ces cinq dernières années; l'âge plus élevé des câbles joue évidemment un rôle dans cette aggravation. La plus forte augmentation est marquée par la corrosion sous l'effet supposé du phénol; ce genre de corrosion représente



weit sich die Änderung der bisherigen Vorschriften über den maximalen Phenolgehalt in der Kabelumhüllung auf das korrosive Verhalten der Kabelbleimäntel auswirkt, kann heute noch nicht beurteilt werden. Sicher scheint aber, dass sich solche Korrosionsschäden nicht weiter vermehren können. Es ist interessant festzustellen, dass diese Korrosionsart an Kabelanlagen ausländischer Verwaltungen nicht in dem Masse auftritt wie bei uns, wobei zu berücksichtigen ist, dass unsere Verlegungsart der Kabel in die Zoreskanäle nicht angewendet wird.

Die bandarmierten Kabel, die eine immer grössere Verbreitung finden, haben sich ausser einem, bereits erwähnten Schadenfall, gut bewährt. So wurden auch während der verflossenen fünf Jahre keine weiteren Korrosionsfälle an solchen Anlagen gemeldet.

An einem Kabel in einer Rohrkanalanlage wurde ein erster Korrosionsfall, eine rein chemische Korrosion, festgestellt, die zum Bleimanteldurchbruch führte.

### 7. Versuche und Schutzmassnahmen

In den letzten Jahren wurden verschiedene Kabelanlagen, die durch die sogenannte «Phenolkorrosion» schon weitgehend angegriffen waren, kathodisch geschützt. Diese Schutzeinrichtungen bewährten sich vorzüglich. Nach der Reparatur der bereits durchbrochenen Stellen sind an diesen Anlagen keine weiteren Schäden mehr aufgetreten. In den meisten Fällen kam dabei der kathodische Schutz, mit Hilfe eines netzgespeisten Gleichrichters und von Kohlenanoden, zur Anwendung. In Fällen, da eine sehr gute, spezifische Bodenleitfähigkeit des umgebenden Erdreichs vorhanden war, wurden mit ebenso gutem Erfolg Magnesiumanoden verwendet. Der hierbei benötigte Schutzstrom wird durch das Element Blei-Magnesium geliefert.

Im Verlaufe des Grossversuches «Belpmoos» [14] ist im Jahre 1956 der erste Schadenfall aufgetreten. Das  $6 \times 2$  adrige Kabel mit nacktem Bleimantel in einen Zoresisenkanal verlegt, ergab bei den periodischen Kontrollmessungen einen schlechten Isolationswiderstand, so dass offenbar ein Bleimanteldurchbruch vorlag. Der Bleimantel war etwa 40 m vor dem Abschlusskasten durchkorrodiert. Die Fehlerstelle lag im Lehm Boden und zeigte tiefe, kraterähnliche Löcher mit willkürlich gerichteten Spalten. Die Diagnose der Untersuchung der Forschungs- und Versuchsanstalt PTT [14] ergab, dass ausser elektrolytisch bedingten auch typische Formen der Phenolkorrosion aufgetreten sind. Dagegen war der Bleimantel, wo er im Moorboden lag, noch absolut intakt. Die Kontrolle der anderen Kabel im Lehm Boden ergab, dass die Bleimäntel, soweit diese im Zoreskanal lagen, mit der gewöhnlichen Juteisolation eine beginnende Phenolkorrosion aufwiesen. Die direkt in den Boden verlegten Kabel wiesen dagegen keine Korrosionsspuren auf. Ebenso konnten im Moorboden noch keine Korrosionsangriffe festgestellt werden, obwohl solche Böden gewöhnlich als aggressiv bezeichnet werden.

50% des cas enregistrés. On ne peut encore dire dans quelle mesure la modification des prescriptions relatives à la teneur en phénol des produits d'imprégnation influera sur la corrosion des gaines de câbles. Il paraît toutefois certain que le nombre des défauts de ce genre n'augmentera pas. Il est intéressant de relever que, dans les autres pays, les corrosions de cette nature ne sont pas aussi fréquentes que chez nous; il faut tenir compte cependant du fait qu'à l'étranger les câbles ne sont pas posés dans des caniveaux en fers zorès.

Les câbles armés de feillard, de plus en plus employés, se sont très bien comportés, à l'exception de celui qui est mentionné plus haut. Au cours des cinq ans écoulés, aucun autre cas de corrosion n'a été enregistré sur de tels câbles.

Un premier cas de corrosion chimique a été constaté sur un câble posé dans une canalisation en tuyaux; il s'agissait d'une rupture de la gaine.

### 7. Essais et mesures de protection

Ces dernières années, diverses installations de câbles, déjà fortement attaquées par la corrosion sous l'effet supposé du phénol, ont été protégées cathodiquement. Les dispositions prises ont fait leurs preuves. Après réparation des endroits attaqués, aucun autre défaut n'est apparu. Dans la plupart des cas, la protection cathodique a été réalisée à l'aide d'un redresseur alimenté par le secteur et d'anodes en charbon. Dans les cas de très bonne conductivité du sol environnant, on a utilisé avec le même succès des anodes en magnésium. Le courant de protection nécessaire est fourni par l'élément plomb-magnésium.

Le premier défaut est apparu en 1956 au cours du grand essai qui a eu lieu au Belpmoos [14]. Le câble  $6 \times 2$  à gaine de plomb nue posé dans un caniveau zorès accusa lors des mesures périodiques une mauvaise résistance d'isolement, laissant conclure à une rupture de la gaine de plomb. La gaine était entièrement corrodée 40 m environ avant la boîte de fin. Le défaut est apparu dans un terrain argileux et se caractérisait par des creux en forme de cratères dans le plomb, avec fissures dirigées en tous sens. Le laboratoire de recherches et d'essais des PTT diagnostiqua [14], outre des formes de corrosion électrolytique, des formes typiques de corrosion par l'effet du phénol. En revanche, la gaine de plomb du tronçon posé dans le sol marécageux était encore absolument intacte. En contrôlant les autres câbles posés dans le sol argileux, on constata que les gaines de plomb isolées par une enveloppe ordinaire de jute accusaient un début de corrosion par l'effet du phénol lorsque les câbles étaient posés dans des caniveaux zorès. Les câbles posés directement dans le sol ne présentaient pas de traces de corrosion. Aucune attaque ne fut constatée non plus sur les câbles posés dans le sol marécageux, bien que ce sol soit généralement considéré comme agressif.

An den kathodisch geschützten Kabeln wurden bisher keine Spuren einer beginnenden Korrosion festgestellt.

Die Potentialmessungen Bleimantel-Kupfer/Kupfersulfat ergaben Werte, die durchwegs tiefer lagen als das bekannte Schutzkriterium von  $-0,55$  V. Dabei ist aber zu beachten, dass das Potential der Kabel durch das umliegende Eisen (z. B. Armatur, Zoresisen) beeinflusst wird, auch wenn keine direkte Berührung mit dem Blei besteht. Es hat sich nun in der Praxis gezeigt, dass diese Methode keine Aussage über den Zustand des Bleimantels für unsere Verlegungsarten der Telephonkabel zulässt.

Um ein Bild über die Wirksamkeit der verschiedenen Schutzmäntel zu erhalten, werden diese Versuche im Belpmoos fortgesetzt.

## 8. Blitzschläge und Starkstrombeeinflussung

(siehe *Tabelle VI*)

### a) Blitzschläge

Wie in Figur 22 dargestellt, ist die Zahl der durch Blitzschläge verursachten Kabelschäden in den letzten fünf Jahren erheblich gestiegen. In den meisten Fällen ist die Überspannung über die an das Kabel angeschlossene Freileitung zugeführt worden und verursachte im Kabelinnern Aderunterbrüche und Kurzschlüsse, wobei der Bleimantel nur bei wenigen Schäden Brandspuren aufwies. Ein interessanter Fall eines Blitzschadens entstand an einem verlegten, aber noch nicht durchgespleissten Koaxialkabel. Durch die explosionsartige Wirkung des Blitzüberschlages von der Armatur auf den Bleimantel, etwa 74 m vom Kabelende entfernt, wurde der Bleimantel eingedrückt, was zu Kurzschlüssen in den Koaxialleitern führte. In der Zwischenzeit wurden ähnliche Fälle an gewöhn-

Aucun début de corrosion n'a été relevé jusqu'ici sur les câbles protégés cathodiquement.

Les mesures de potentiel gaine de plomb-cuivre/sulfate de cuivre ont donné des valeurs toutes inférieures au critère de protection connu de  $-0,55$  V. Il convient de considérer que le potentiel des câbles est influencé par le fer avoisinant (armure, fers zorès) même lorsqu'il n'y a aucun contact direct avec le plomb. La pratique a révélé que cette méthode de détermination de l'état de la gaine de plomb n'est pas conciliable avec les divers genres de pose des câbles téléphoniques du réseau suisse.

Pour obtenir une image fidèle de l'efficacité des différentes enveloppes de protection, les essais entrepris au Belpmoos seront poursuivis.

## 8. Coups de foudre et influence du courant fort

(voir *Tableau VI*)

### a) Coups de foudre

Il ressort de la figure 22 que le nombre des dégâts causés par des coups de foudre a sensiblement augmenté au cours des cinq dernières années. Dans la plupart des cas, la surtension a été conduite au câble par la ligne aérienne qui le prolonge et a provoqué dans le câble des interruptions de conducteurs et des courts-circuits; la gaine de plomb ne présentait que dans quelques cas des traces de brûlure. Un cas intéressant a eu pour objet un câble coaxial déjà posé, mais non encore épissé. A 74 m de l'extrémité du câble, la gaine de plomb fut écrasée par l'effet d'explosion de la décharge de l'armure sur la gaine, ce qui provoqua des courts-circuits dans les conducteurs coaxiaux. Des dégâts semblables furent constatés sur des câbles ordinaires armés de feuillard,

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

Fehlerart Catégorie	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941
	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	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	13 1	17 3	7 –
Starkstrom- schäden – Courant fort	4 –	5 –	5 –	6 –	2 1	– –	2 1	2 1	2 1	1 –	– –	1 –	3 –	2 –	1 –

Fehlerart Catégorie	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956
	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	a b	a b
Blitzschläge – Coups de foudre	17 3	21 3	26 2	19 1	26 3	20 2	33 2	21 2	25 2	28 3	33 2	45 4	41 18	54 4	83 16
Starkstrom- schäden – Courant fort	1 –	3 1	1 4	2 –	2 –	4 –	3 –	3 –	1 –	– –	5 –	– –	5 2	5 1	5 2

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

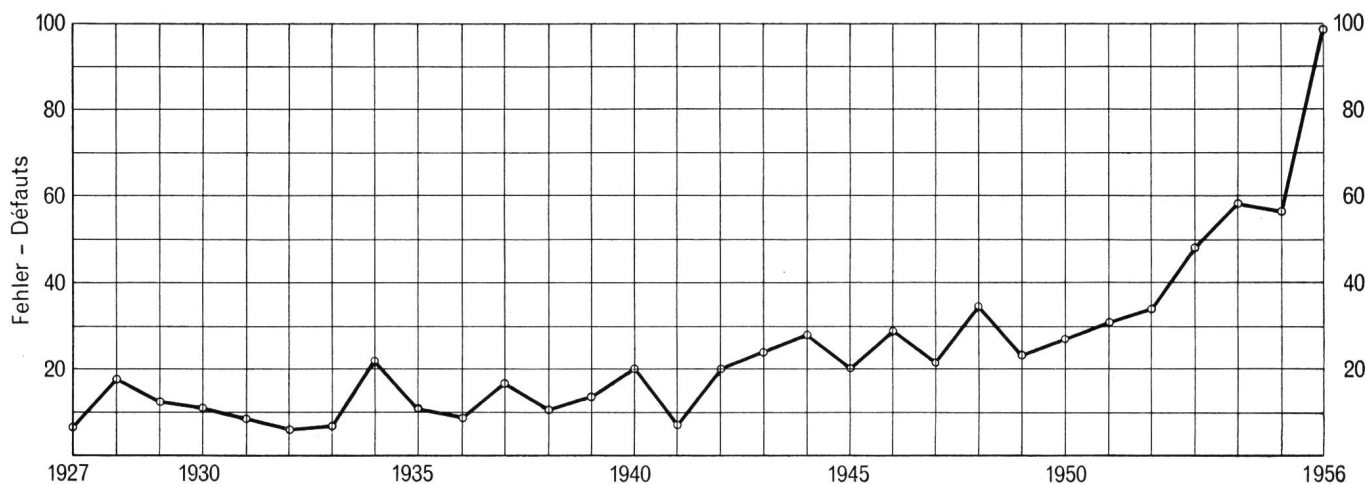


Fig. 22. Blitzschäden - Défauts dus à la foudre

lichen bandarmierten Telephonkabeln festgestellt, ohne dass es jedesmal zu einer Schadenmeldung kam, da die Telephonadern nicht beschädigt wurden.

Wie aus der nachfolgenden Tabelle VII über die Verteilung der Blitzschäden hervorgeht, nehmen die Anlagen im Kanton Tessin den weitaus grössten Anteil daran. Als Schutzmassnahme wurden bei den bekannten, stark blitzgefährdeten Freileitungen, Vorableiter ca. 200...400 m vor der Kabelüberführung eingebaut und bei der letzten verbesserte Überspannungsableiter eingesetzt. Über die Wirksamkeit dieser getroffenen, zusätzlichen Schutzmassnahmen etwas auszusagen, wäre heute noch verfrüht. Auch sollen in Zukunft für besonders blitzgefährdete Gebiete Kabel ausgelegt werden, bei denen die Armaturohne Jute- und Papierzwischenlage direkt auf den Bleimantel angebracht wird. Gleichzeitig wird bei diesen Kabeln die Leitfähigkeit des Bleimantels durch zusätzliche Kupferdrähte unter demselben erhöht, und die Spannungsfestigkeit der Bündelisolierung verbessert.

#### Aufteilung der Blitzschäden nach Direktionsgebieten

Tabelle VII.

Telephondirektion	1947	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Basel		1					1			
Bellinzona	14	22	11	14	19	6	26	34	14	59
Bern	1				1			1	4	2
Biel	1		1		1	5			1	3
Chur					1		1	2		4
Freiburg		1				3			1	
Genf										
Lausanne	1	1	1		2	2	1	2	2	5
Luzern	1		1	3	3	4	6	3	6	2
Neuenburg			1		1	1	2	1	8	3
Olten	1	2		1		2	2	4	3	3
Rapperswil		2	2	3	1		2		1	2
St. Gallen	1	2	2	1	1	4	2	5	6	3
Sitten			2	2			2	1	1	8
Thun	1	4	1	3	1	6	3	5	10	3
Winterthur						2	1	1		
Zürich	1		1							2

sans qu'un avis de défaut ait été établi chaque fois, les conducteurs n'ayant pas été endommagés.

Comme on le voit d'après le tableau VII ci-dessous, les installations les plus fréquemment touchées sont celles du Tessin. Pour protéger les lignes aériennes particulièrement exposées aux coups de foudre [13], on a monté des parafoudres avancés à une distance de 200 à 400 m des poteaux de transition et amélioré les parafoudres des poteaux de transition eux-mêmes. Il est encore prématuré de se prononcer sur l'effet de ces mesures supplémentaires. On devrait aussi, à l'avenir, poser dans les régions exposées aux coups de foudre des câbles dont l'armure soit appliquée directement sur la gaine de plomb, sans couche intermédiaire de papier ou de jute. La conductivité de la gaine de plomb de ces câbles est encore augmentée par des fils de cuivre supplémentaires placés sous la gaine, et la résistance de l'isolation du faisceau aux surtensions est améliorée.

#### Répartition par directions des dégâts causés par les coups de foudre

Tableau VII.

Direction des téléphones	1947	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Bâle		1					1			
Bellinzona	14	22	11	14	19	6	26	34	14	59
Berne	1				1			1	4	2
Bienne	1		1		1	5			1	3
Coire					1		1	2		4
Fribourg		1				3			1	
Genève										
Lausanne	1	1	1		2	2	1	2	2	5
Lucerne	1		1	3	3	4	6	3	6	2
Neuchâtel			1		1	1	2	1	8	3
Olten	1	2		1		2	2	4	3	3
Rapperswil		2	2	3	1		2		1	2
St-Gall	1	2	2	1	1	4	2	5	6	3
Sion			2	2			2	1	1	8
Thoune	1	4	1	3	1	6	3	5	10	3
Winterthur						2	1	1	1	
Zurich	1		1							2

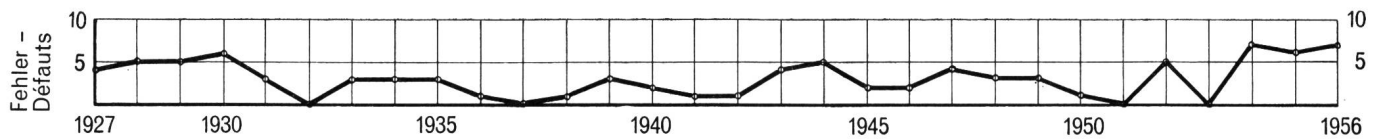


Fig. 23. Durch Starkstrom verursachte Schäden – Défauts dus aux effets du courant fort

Um über die Grössenordnung der über den Kabelmantel abfliessenden Blitzströme ein Bild zu erhalten, wurden auf verschiedenen Kabelanlagen Blitzmessstäbchen eingebaut. Die Auswertung der nach einem Gewitter auftretenden Remanenz dieser Stäbchen hat bis jetzt ergeben, dass Ströme in der Grössenordnung bis zu 10 000 A. keine Seltenheit sind, ohne dass durch diese unbedingt eine Kabelschädigung verursacht wird [13].

*b) Schaden durch Starkstromeinflüsse*

Wie in Figur 23 dargestellt, haben die Schäden durch Starkstromeinflüsse wieder etwas zugenommen, geben aber zu keiner Besorgnis Anlass. In den meisten Fällen entstanden die Fehler dadurch, dass die gemäss den bestehenden Richtlinien vorgeschriebene elektrische Überbrückung von Kabelanlagen in der Nähe von Hochspannungsanlagen fehlte. Durch die Einwirkung des Lichtbogens schmolz dann der Bleimantel.

*c) Fehler, die auf andere oder unbekannte Ursachen zurückzuführen sind*

Von den «anderen» Ursachen (Fig. 24) soll besonders eine erwähnt werden. Es betrifft dies den Isolationsfehler in dem bei der Abonnenstation montierten Endverschluss. Die Durchführung vermehrter elektrischer Kontrollmessungen hat ergeben, dass die

Pour avoir une idée de l'intensité des courants de foudre s'écoulant par les gaines des câbles, on a monté sur plusieurs câbles des bâtonnets de fils d'acier servant d'instruments de mesure. La mesure de la rémanence des bâtonnets après un orage a montré que des courants d'un ordre de grandeur allant jusqu'à 10 000 ampères ne sont pas rares, mais qu'ils n'endommagent pas toujours les câbles [13].

*b) Dégâts provoqués par le courant fort*

Les dégâts causés par l'influence du courant fort ont quelque peu augmenté, comme on le voit à la figure 23, mais ne donnent lieu à aucune crainte pour l'avenir. Dans la plupart des cas, les défauts proviennent de l'absence du pontage électrique des installations de câbles à proximité des lignes à haute tension, tel qu'il est prescrit dans les directives. L'arc électrique a eu pour effet de faire fondre la gaine de plomb.

*c) Défauts dus à d'autres causes ou dont la cause n'a pu être déterminée*

Parmi les autres causes de dégâts (fig. 24), l'une mérite d'être relevée. Il s'agit d'un défaut d'isolement à la boîte de fin montée près du poste d'abonné. Des mesures de contrôle plus fréquentes ont montré que l'isolement des installations n'accuse pas toujours

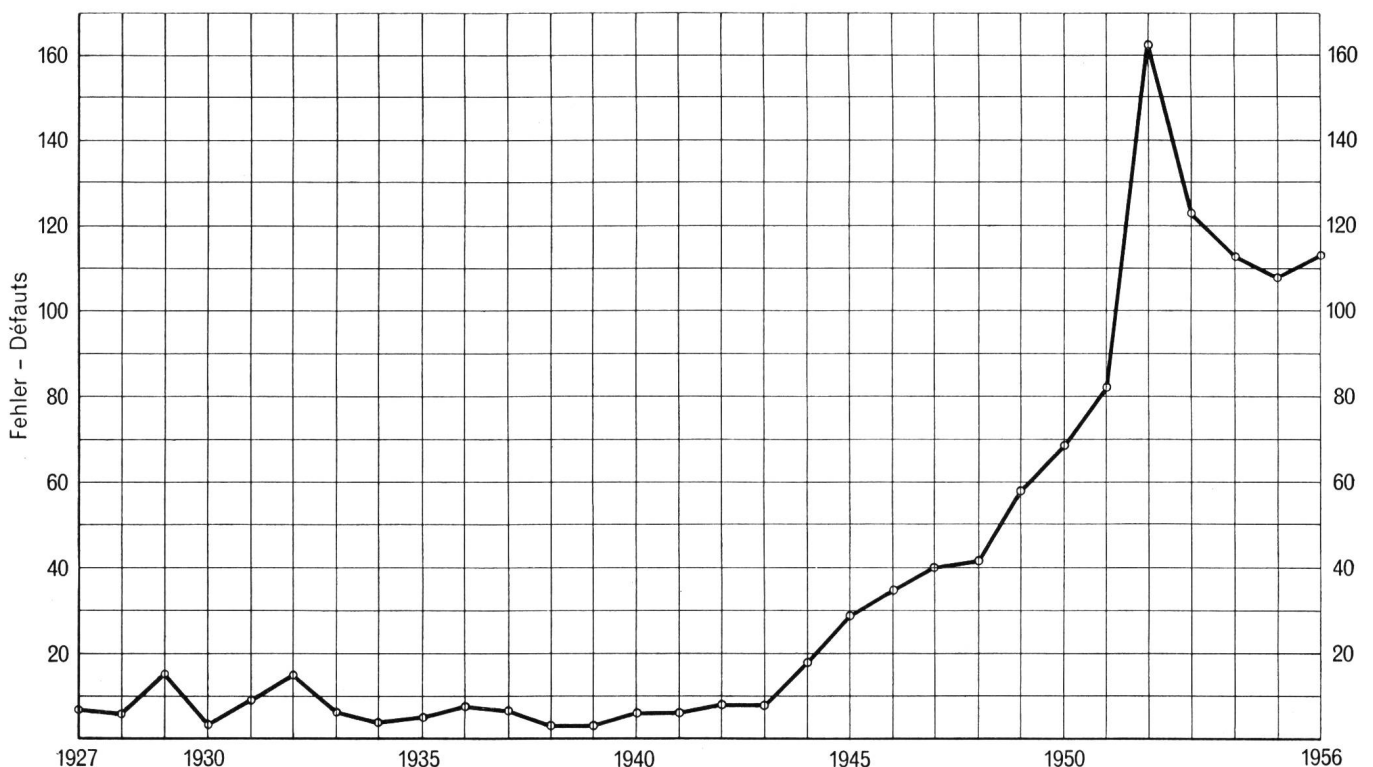


Fig. 24. Fehler, die auf andere oder unbekannte Ursachen zurückzuführen sind – Défauts dus à d'autres causes ou à des causes inconnues

Isolation der Anlagen nicht immer den verlangten Minimalwert von 1000 MΩ aufweist und ihre Störungsursache in einem feuchten Kabelabschluss hat. Kleinste Spuren von Feuchtigkeit genügen bereits, um die Isolation der Kontaktplatten zu verschlechtern. Eine erste Massnahme gegen das Feuchtwerden der Kabelkasten wurde mit dem Anbringen von Lüftungsschlitzen im Deckel des Erdverschlusses getroffen. Dessenungeachtet ist der Wahl eines trockenen Standortes weiterhin volle Aufmerksamkeit zu schenken.

Mit der Zunahme der teuren Strassenbeläge und der Unmöglichkeit, diese bei Kabelstörungen überall aufzureissen, wächst auch die Zahl der Kabelfehler, die nicht behoben werden können. Dementsprechend vermehrt sich auch die Zahl der Fehler, deren Ursache nicht untersucht werden kann.

Eine Kabelfehlerstatistik wird nur dann den wirklichen Verhältnissen gerecht, wenn die Fehlerformulare durch jeden mit der Hebung von Kabelfehlern Beauftragten deutlich und vollständig ausgefüllt werden. Dies ermöglicht den zuständigen Organen beim Bau der Linienanlagen, bei der Konstruktion von neuem und besserem Baumaterial und bei der Entwicklung neuer Baumethoden, weitere Fortschritte zu erzielen.

Abschliessend danken wir allen Mitarbeitern der Generaldirektion PTT und der Telephondirektionen für ihre verständnisvolle Mitwirkung.

la valeur prescrite de 1000 MΩ, ce qui est dû à la présence d'humidité dans les boîtes de fin. De faibles traces d'humidité suffisent déjà pour diminuer l'isolement des plaques de contact. Comme première mesure contre l'humidité dans les boîtes de fin, on a pratiqué des fentes d'aération dans les couvercles. Il faut cependant toujours veiller à ce que les boîtes de fin soient installées en des endroits secs.

Les revêtements de routes deviennent de plus en plus coûteux et il est impossible de toujours les rouvrir et de réparer tous les dérangements. C'est pourquoi le nombre des défauts dont la cause ne peut être recherchée.

Une statistique des défauts de câbles ne correspond aux conditions réelles que si les fonctionnaires chargés de réparer les défauts remplissent consciencieusement les avis de défaut. Les organes compétents pourront alors améliorer la construction des installations de câbles et la fabrication du matériel, et mettre au point de nouvelles méthodes de construction.

Nous remercions pour terminer tous ceux qui, à la direction générale des PTT comme dans les directions des téléphones, nous ont prêté leur collaboration.

#### Bibliographie

- [1] *Gertsch, R.* Kabelfehler und ihre Ursachen. Techn. Mitt." TT 1930, Nr. 1, S. 12...19.
- [2] - Kabelfehler und ihre Ursachen. Techn. Mitt." TT 1934, Nr. 1, S. 1...9.  
Les défauts des câbles et leurs causes. Bull. techn. TT 1934, N° 1, p. 1...9.
- [3] - Zehn Jahre Kabelfehlerstatistik. Techn. Mitt." TT 1937, Nr. 6, S. 201...216.  
Dix ans de statistique sur les défauts de câbles. Bull. techn. TT 1937, N° 6, p. 201...216.
- [4] *Gertsch, R. und H. Koelliker.* Zwanzig Jahre Kabelfehlerstatistik. Techn. Mitt." PTT 1950, Nr. 1, S. 8...33.  
Vingt ans de statistique des défauts de câbles. Bull. techn. PTT 1950, N° 1, p. 8...33.
- [5] *Hadorn, E. und R. Hainfeld.* 25 Jahre Kabelfehlerstatistik. Techn. Mitt." PTT 1955, Nr. 6, S. 213...230, und Nr. 7, S. 268...286.  
- Vingt-cinq ans de statistique des défauts de câbles. Bull. techn. PTT 1955, N° 6, p. 213...230 et N° 7, p. 268...286.
- [6] *Hess W. und R. Dubuis.* Probleme der Bleikabelkorrosion (1. Mitteilung). Techn. Mitt." PTT 1956, Nr. 4, S. 172...179.  
- La corrosion des câbles sous plomb (1<sup>re</sup> communication). Bull. techn. PTT 1956, N° 4, p. 172...179.
- [7] *Vögli, K. und A. Brunold.* Probleme der Bleikabelkorrosion (2. Mitteilung). Techn. Mitt." PTT 1956, Nr. 7, S. 286...289.  
- La corrosion des câbles sous plomb (2<sup>e</sup> communication). Bull. techn. PTT 1956, N° 7, p. 286...289.
- [8] *Hess, W. und R. Dubuis.* Probleme der Bleikabelkorrosion (3. Mitteilung). Techn. Mitt." PTT 1956, Nr. 11, S. 452...457.  
- La corrosion des câbles sous plomb (3<sup>e</sup> communication). Bull. techn. PTT 1956, N° 11, p. 452...457.
- [9] *Vögli, K.* Probleme der Bleikabelkorrosion (4. Mitteilung). Techn. Mitt." PTT 1957, Nr. 3, S. 106...113.  
- La corrosion des câbles sous plomb (4<sup>e</sup> communication). Bull. techn. PTT 1957, N° 3, p. 106...113.
- [10] *Mauch, H.* Probleme der Bleikabelkorrosion (5. Mitteilung). Techn. Mitt." PTT 1957, Nr. 6, S. 227...239.  
- Problèmes de la corrosion des câbles sous plomb (5<sup>e</sup> communication). Bull. techn. PTT 1957, N° 6, p. 227...239.
- [11] *Künzler, H. und K. Vögli.* Probleme der Bleikabelkorrosion (6. Mitteilung). Techn. Mitt." 1957, Nr. 9, S. 375...386.  
- La corrosion des câbles sous plomb (6<sup>e</sup> communication). Bull. techn. PTT 1957, N° 9, p. 375...386.
- [12] *Vögli, K.* Probleme der Bleikabelkorrosion (7. Mitteilung). Techn. Mitt." PTT 1957, Nr. 12, S. 489...505.  
- Problèmes de la corrosion des câbles sous plomb (7<sup>e</sup> communication). Bull. techn. PTT 1957, N° 12, p. 489...505.
- [13] *Meister H.* Blitzschutz an Telephonanlagen. Techn. Mitt." PTT 1958, Nr. 1, S. 13...32.  
- Protection des installations téléphoniques contre la foudre. Bull. techn. PTT 1958, N° 1, p. 13...32.
- [14] *Vögli, K. und H. Meister.* Korrosionsbeständigkeit verschiedener Kabeltypen. Techn. Mitt." PTT 1958, Nr. 3, S. 109...124.  
- Résistance de divers types de câbles à la corrosion. Bull. techn. PTT 1958, N° 3, p. 109...124.