Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 25 (1934)
Heft: 24

Artikel: La foudre et les bâtiments
Autor: Morel, ch.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056589

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

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

compte des perforations provenant d'une défectuosité antérieure des isolateurs, de fissures, etc.

Par contre, les résultats sont fort mauvais pour toutes les *lignes à poteaux en bois*, même pour celles à très hautes tensions de service. L'augmentation de l'isolement pratiquée en Amérique en utilisant largement la valeur d'isolement du bois n'a donné aucune amélioration. Pour cette catégorie de lignes, la célèbre boutade de Steinmetz: «En cas d'orage, réparez ce qui est cassé et soyez heureux que le dommage n'ait pas été plus grand!» conserve encore sa valeur. On connaît bien quelques moyens pour éviter le bris des poteaux, mais ils ne sont encore guère employés.

Une *ligne résistante à la foudre* semble n'être économiquement possible qu'à partir de tensions de service d'environ 100 kV et au-dessus, exceptionnellement à 50 kV. *Pour les installations à haute tension jusqu'à 60 kV environ, on a eu de nouveau recours, durant ces dernières années, aux parasurtensions.* Ces dispositifs peuvent d'ailleurs être actuellement dimensionnés et essayés correctement. Mais une certaine circonspection est toujours indiquée, car tout ce qui brille n'est pas or!

Il y a aujourd'hui dix ans qu'en Suisse nous avons abandonné les *parasurtensions*. Nous devons donc maintenir aujourd'hui notre point de vue de cette époque là, à savoir qu'il faut éviter de réintroduire des appareils n'étant pas eux-mêmes d'un fonctionnement sûr! Dans le but de pouvoir essayer dans des conditions normales de service les appareils contre les surtensions, nous avons monté, près de la Centrale de Gösgen, une installation d'essai par chocs, grâce à l'appui bienveillant de l'Usine électrique d'Olten-Aarburg, des Câbleries de Brougg S. A., des Chemins de Fer Fédéraux, de la S. A. Brown, Boveri & Cie, et d'autres participants. Il nous a été ainsi possible de poursuivre activement les recherches commencées à Puidoux en 1931 sur les parasurtensions. *L'époque n'est probablement plus éloignée* où des contournements dûs aux surtensions dans les installations elles-mêmes appartiendront au passé ou seront en tout cas très rares. Sans oscillographe cathodique, ce progrès serait inconcevable.

J'espère vivement que nos recherches théoriques et pratiques présenteront également à ce point de vue des avantages directs pour les centrales électriques et les réseaux de distribution, surtout pour ceux qui, par leur précieux concours, ont facilité l'exécution de ces recherches. Je profite de l'occasion pour remercier sincèrement les personnes, les centrales et les entreprises qui nous ont effectivement soutenu dans nos travaux.

La foudre et les bâtiments.

Conférence donnée à l'assemblée générale de l'ASE le 7 juillet 1934 à Aarau
par *Ch. Morel*, ingénieur au Secrétariat général de l'ASE, Zurich.

31:551.594.2(494)

L'exposé ci-dessous se borne à relater quelques-uns des plus intéressants coups de foudre relevés au cours de l'enquête menée par le secrétariat général de l'ASE et de l'UCS, pour en tirer quelques conclusions pratiques relatives à la protection des bâtiments: suppression des pointes, utilisation de toutes les parties métalliques extérieures pour former un réseau protecteur, rôle des lignes aériennes et des arbres, etc.

Quelques-uns des cas produits ayant déjà été décrits antérieurement, on s'est contenté ici de faire figurer à côté de leur numéro d'ordre, un renvoi au numéro du Bulletin où s'en trouve la description détaillée.

Das hier wiedergegebene Referat ist eine kurze Aufzählung einiger der interessantesten Blitzschläge aus den Erhebungen des Generalsekretariates des SEV und VSE während der letzten Jahre. Dieser Aufzählung sind einige praktische Folgerungen für den Schutz der Gebäude beigefügt: Weglassung der sog. Auffangstangen, Heranziehung aller äusseren Metallteile zur Bildung eines schützenden Netzes, Bedeutung der Freileitungen und der Bäume usw.

Da einige der angeführten Fälle bereits früher beschrieben wurden, ist hier neben ihrer Ordnungsnummer nur auf die Nummer des Bulletin verwiesen, wo sich die ausführliche Beschreibung befindet.

De tous temps, la foudre a attiré l'attention des hommes de science aussi bien que celle des simples mortels. Ses méfaits et surtout ses caprices ont donné lieu à nombre de croyances populaires, erronées pour la plupart, mais qui s'expliquent d'autant plus facilement qu'à l'heure actuelle les savants même ne sont pas encore d'accord sur tous les points. Dans sa conférence, M. Berger a esquissé l'état actuel de nos connaissances sur la foudre en tant que phénomène électrique. Ce qui suit ne sera donc qu'une relation de quelques faits qui se sont passés au cours de ces dernières années, accompagnée de quelques conclusions pratiques pour la protection des bâtiments. Ces cas sont pour la plupart tirés de l'enquête menée par le secrétariat général depuis 1931 avec la collaboration des établissements cantonaux d'assurance contre l'incendie et de l'administration des PTT, auquels nous nous devons d'exprimer ici notre reconnaissance.

Cette enquête a été ordonnée par la commission de l'ASE pour la protection des bâtiments contre la foudre, présidée avec une rare compétence par M. Blattner, professeur au technicum de Berthoud, dans le but de recueillir des indications pouvant servir de base à la revision des directives pour la protection des bâtiments contre la foudre. Ces recherches prouvent que les principes directeurs, émis dans les premières directives de 1907 ont conservé leur pleine valeur, de sorte que la revision n'a dû porter que sur des questions de détail qui, pour la plupart, ne se posaient encore pas alors.

Il est encore bien des gens qui ne peuvent se représenter un paratonnerre sans une ou plusieurs tiges de quelques mètres de haut, juchées sur le faîte de l'édifice à protéger. On a en effet cru au début que les pointes avaient le pouvoir de décharger les nuages chargés d'électricité, rendant ainsi impossible toute étincelle entre le nuage et le bâti-

ment. On a également prétendu que ces pointes garantissaient autour d'elles tous les corps dans un rayon double de leur hauteur. Cette théorie dite du cône de protection figure encore aujourd'hui dans le Larousse et dans maint traité populaire.

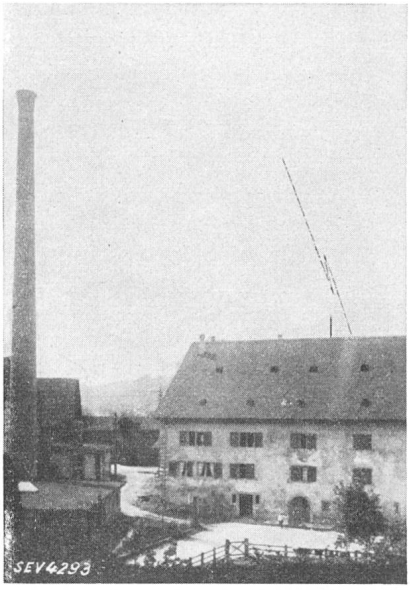

Fig. 1.

Certaines observations pratiques sont cependant en parfaite contradiction avec cette théorie.

En voici un cas typique relevé par M. Steiner, alors contrôleur des paratonnerres à Winterthour. A Töss en 1910, la foudre tombe sur la cheminée d'un immeuble et la détruit jusqu'au ras du toit, bien que celle-ci se trouve à l'intérieur du cône de protection du paratonnerre et que le bâtiment lui-

Fig. 2.

même soit entièrement dans le cône de protection d'une haute cheminée d'usine pourvue elle aussi d'un paratonnerre (Fig. 1).

Un second exemple est le cas 6—31 du 10 juin 1931 à Wahlern *).

Un cas semblable s'est présenté à Lucerne au mois de mai dernier (Fig. 2). La maison dont la cheminée a été démolie au ras du toit, est dominée par deux autres maisons avec des paratonnerres. Le propriétaire nous a affirmé quelques jours après que plusieurs voisins avaient déjà commandé des paratonnerres pour leur maison qui n'en avait point.

La théorie du cône n'est pas confirmée par l'expérience et les pointes n'empêchent pas la foudre de les frapper. Pourquoi donc encore en poser? Et comme la foudre ne tombe que rarement là où on voudrait la voir tomber, il ne reste qu'à protéger tous les points que l'expérience révèle particulièrement exposés à la décharge — faite, arêtes, cheminées, etc. — et à en faciliter l'écoulement au sol par le chemin le plus direct. Si tel n'est pas le cas, en particulier lorsque la résistance de passage au sol est trop forte, la décharge peut se frayer un chemin à travers le bâtiment, détruisant tout ou mettant le feu sur son passage.

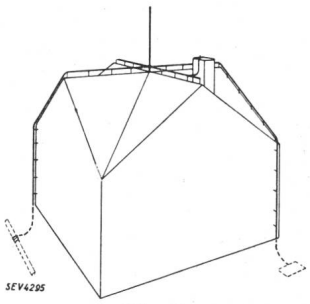

Fig. 3.

Un des cas le plus typique est le cas 214—32 du 28 août 1932 à Herisau *).

A Hitzkirch, en 1933 (cas LU 6—33), la foudre tombe sur la cheminée, à côté de la pointe du paratonnerre, et la fend sur toute sa longueur (Fig. 3). La décharge a donc préféré le droit chemin aux nombreux contours qu'elle aurait dû faire par le chemin prescrit. Il est probable qu'une liaison directe de la cheminée à la descente aurait évité ce dommage.

A Siselen, en 1932 (cas BE 26—32), la décharge atteint la cheminée d'une ferme et l'endommage passablement (Fig. 4). De là, elle saute sur la noue

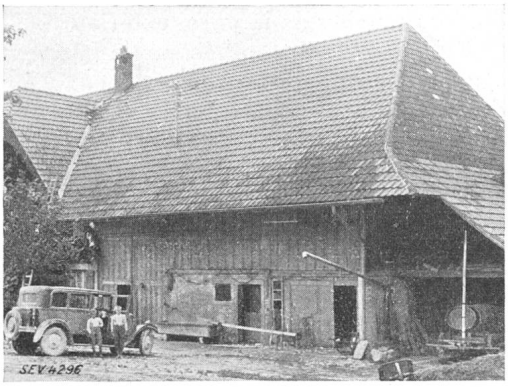

Fig. 4.

en brisant quelques tuiles, puis suit le chéneau et le tuyau de descente pour sauter sur la pompe à lisier, probablement en meilleur contact avec le sol que la gouttière. De nombreux picotements sur le tuyau et sur la pompe en font preuve.

C'est par l'observation d'une quantité de cas analogues que Findeisen et d'autre après lui en sont

*) Voir Bulletin ASE 1933, No. 10.

arrivés à préconiser la seule manière logique de protéger les bâtiments, et qui consiste à relier entre elles et avec la terre toutes les parties métalliques du toit, quitte à compléter ce réseau par des conduites artificielles là où les éléments naturels font défaut.

Les antennes de TSF ou plutôt leurs supports métalliques ne font pas exception à cette règle. Les antennes extérieures et surtout leurs descentes peuvent servir à conduire la décharge à l'intérieur du bâtiment, comme cela s'est passé à Crémines (cas 183—32) et à Montenol (cas 131—32) en 1932 *).

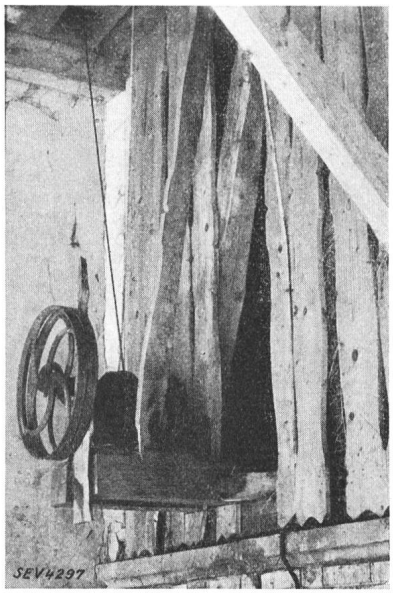

Fig. 5.

Le cas qui s'est passé à Diessenbach en 1931 (cas BE 30—31), se reproduit assez fréquemment. Au cours d'un orage, le feu se déclare dans la grange, derrière les planches de la paroi extérieure (Fig. 5), sans que la foudre soit tombée sur le bâtiment. Le fermier le remarque à temps et peut l'éteindre sans difficulté. Que s'est-il passé? Dans la grange sous la poutre faitière court le rail d'un monte-foin, relié par un câble en acier au treuil fixé en porte à faux sur une poutre au-dessus de la porte de l'écurie. Cette poutre est fixée à son tour au mur en béton armé par deux boulons dont la tête est distante de 5 cm à peine du pied du treuil. La masse métallique monte-foin câble treuil, complètement isolée du sol, s'est probablement chargée par influence et, lors d'une décharge dans les environs, sa charge subitement libérée a cherché à se neutraliser vers le sol. Elle a trouvé la moindre résistance entre le treuil et les boulons et l'étincelle qui s'est produite a mis le feu au foin qui se trouvait en cet endroit.

Un remède bien simple et efficace consiste dans ce cas à mettre la masse métallique en question à la terre.

Il semble souvent que la foudre ait un malin plaisir à chercher les masses métalliques que, d'autres fois, elle paraît ignorer totalement. Un exemple du premier cas est celui de Flühli, en 1931 [cas 77—31] *).

En 1933, la foudre est tombée sur le temple d'Aubonne (Fig. 6), qui n'avait pas de paratonnerre (cas VD 1—33). La décharge a suivi normalement les parties métalliques extérieures du clocher,

Fig. 6.

mais a sauté de celles-ci sur l'introduction de la ligne électrique dans la maison voisine, où un commencement d'incendie s'est déclaré.

Le cas (LU 31—33) qui s'est passé à Schüpfheim en 1933 n'est pas tout à fait simple. Il s'agit là probablement d'une décharge violente dans le réseau desservant les fermes représentées à la fig. 7. Dans la grange de la ferme c, la décharge aurait sauté de l'installation électrique sur le fil d'acier b peu distant qui sert à sonner la cloche de la chapelle a. L'étincelle a mis le feu au foin qui se

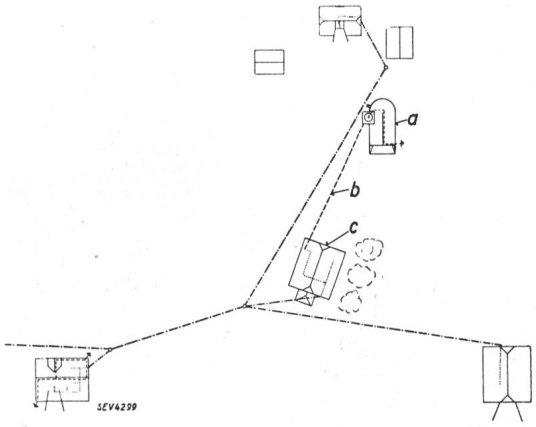

Fig. 7.

trouvait sur son passage, mais l'incendie a heureusement pu être éteint tout à son début. La même décharge a également endommagé les installations électriques des fermes des alentours. La vue de fig. 8 montre la situation dans le terrain.

L'exemple d'Aubonne et celui-ci montrent comment les lignes électriques peuvent conduire les dé-

*) Voir Bulletin ASE 1933, No. 10.

charges ou des surtensions dans les bâtiments. Toutefois nous nous empresserons de faire remarquer que, dans la plupart des cas, les dégâts sont minimes: quelques fusibles ou lampes grillées, rare-

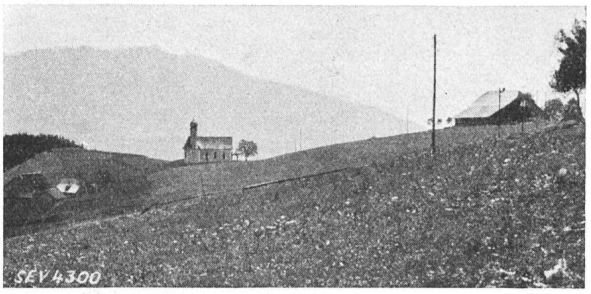

Fig. 8.

ment davantage. Le cas se complique un peu lorsque la surtension provoque un défaut d'isolement qui permet au courant d'exploitation d'entretenir un arc dangereux lorsqu'il se produit avant les coupe-circuit principaux.

Quoiqu'il ne s'agisse pas d'un bâtiment, nous tenons à relater ici un fait typique de ce genre qui est arrivé à Zurich au Limmatquai en 1924. La foudre est tombée sur la ligne de contact, a suivi

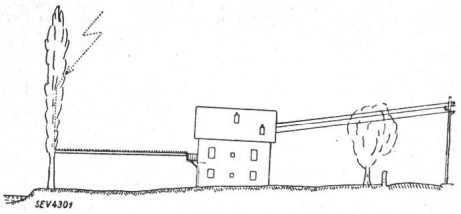

Fig. 9.

celle-ci sur une certaine distance, puis un câble conduisant à un sectionneur de ligne logé dans un coffret fixé à un support de ligne en fonte. A l'intérieur du support, la décharge a percé l'isolement du câble qui touchait à la paroi, ce qui a permis au courant d'exploitation de former un arc qui ne s'est éteint qu'au moment où l'automate de la sous-station a déclenché. Cela a suffit pour faire un trou d'environ 10 cm de longueur dans la paroi du support en fonte.

A Walkringen, en 1931 [cas 14—31] *), la décharge a frappé un tilleul, mais a emprunté la ligne électrique pour pénétrer dans le bâtiment. Ceci nous amène à regarder d'un peu plus près le rôle que sont susceptibles de jouer les arbres qui se dressent à proximité des maisons. On croit encore volontiers que ceux-ci, en particulier les peupliers qui flanquent les fermes à la campagne, sont la meilleure protection contre la foudre. Or, l'expérience nous apprend que bien souvent c'est le contraire. En voici quelques exemples.

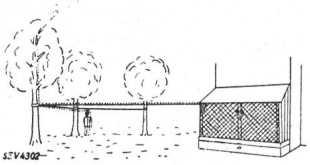

Fig. 10.

*) Voir Bulletin ASE 1933, No. 10.

A St-Sulpice, en 1933 (cas VD 4—33), la foudre aurait logiquement dû aller se perdre directement dans le lac (Fig. 9). Mais elle a préféré suivre les fils provisoires, tendus entre le peuplier et le bal-

Fig. 11.

cons, pour aller faire quelques dégâts dans la maison.

Un cas déplorable est celui qui s'est produit l'été passé à Zunzgen (cas BL 7—33). La foudre est tombée sur un poirier du verger, a suivi le fil de fer d'un étendage pour aller causer quelques dégâts peu importants au poulailler adossé à la maison. Une personne, qui se trouvait sous l'étendage au moment critique a été foudroyée (Fig. 10). Les autres arbres du verger étaient des pommiers.

Ce printemps, nous avons eu l'occasion d'examiner un cas intéressant à Lucerne (Fig. 11). La

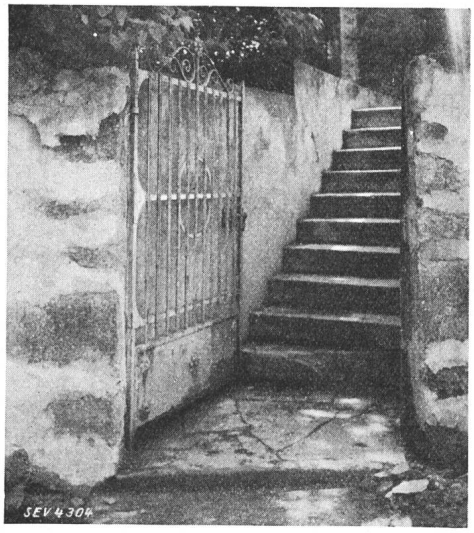

Fig. 12.

foudre a frappé un chêne, presque sur la crête de la colline. Depuis une des racines dont elle a enlevé l'écorce, elle a creusé à angle droit un sillon horizontal de 20 à 30 cm de profondeur et long de 17 m, jusqu'à la clôture en fils de fer. La terre du

sillon fut projetée contre la façade de la maison. La décharge suivit ensuite la clôture, puis la palissade en fer du jardin pour aller rejoindre une conduite d'eau dans le sol, non sans démolir un coin de mur et une marche d'escalier en ciment (Fig. 12).

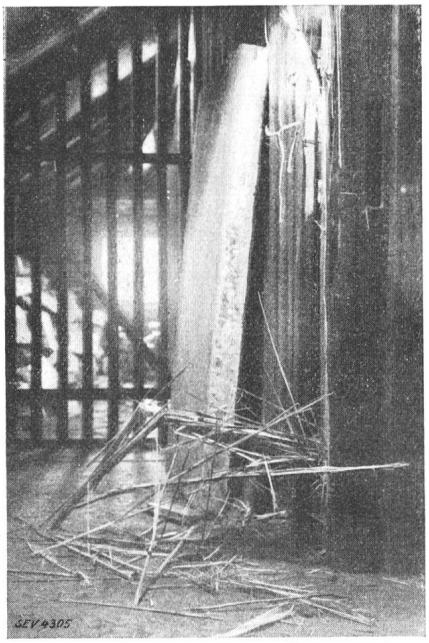

Fig. 13.

Les quelques illustrations qui suivent donnent une idée, bien faible il est vrai, de ce que la foudre est capable de faire, quelques fois à l'encontre de tout bon sens.

La fig. 13 montre une poutre complètement déchiquetée, sans avoir pris feu (cas BE 68—32). Sur la

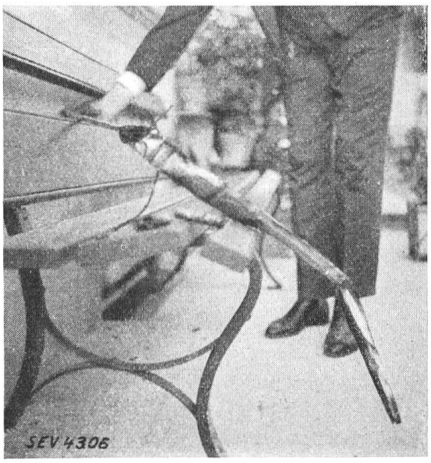

Fig. 14.

fig. 14, on voit un tube Bergmann éventré. A l'intérieur, le fil isolé semble encore intact, mais au toucher on reconnaît que l'âme en cuivre a été volatilisée (cas FR 5—33).

A Hertenstein (cas LU 23—33), le mur extérieur d'un réservoir d'eau a été renversé, bien que le bâtiment soit protégé par un paratonnerre (Fig. 15). Ce dommage est probablement dû à ce que l'une des descentes du paratonnerre plongeait dans le réservoir en question.

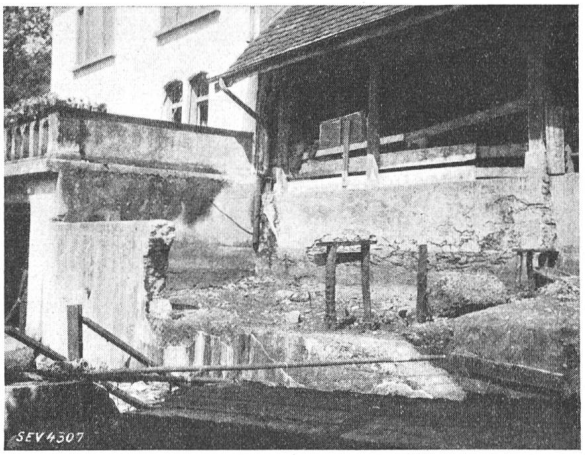

Fig. 15.

Fig. 16.

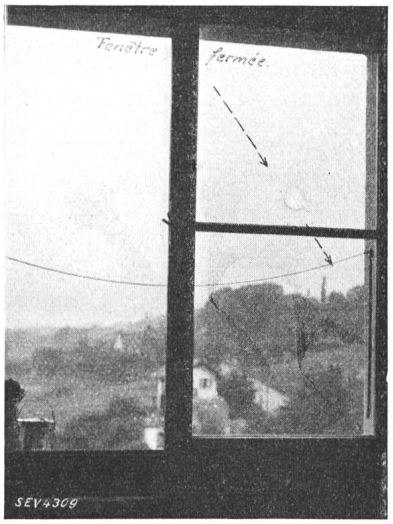

Fig. 17.

La fig. 16 montre une cheminée démolie comme par une explosion (cas VD 5—33). La décharge a

ensuite percé le plafond et s'est échappée par la fenêtre de la cuisine à l'étage en-dessous en y faisant un trou de quelques cm de diamètre (Fig. 17).

Nous ne pouvons clore cet aperçu sans faire appel à la bonne volonté de tous les lecteurs en les priant instamment de communiquer au secrétariat général les observations qu'ils pourraient faire sur des coups de foudre qui ne touchent pas les bâtiments et dont nous n'avons que rarement connaissance. Ces communications contribueront à la réussite d'une entreprise d'intérêt général incontestable, puisqu'elle sert à la lutte contre un phénomène naturel qui coûte au peuple suisse plus d'un demi-million par an.

Schutzmassnahmen zur Vermeidung elektrischer Unfälle in den Hausinstallationen.

Von *M. Wettstein*, Zürich.

621.316.99

(Fortsetzung von Seite 619.)

C. Die Anwendung des Erdungssystems.

Bei der Anwendung des Erdungssystemes zum Schutze von Menschen und Tieren gegen die Gefahren des elektrischen Stromes, die bei Isolationsfehlern entstehen können, werden die Metallteile der elektrischen Maschinen und Apparate und unter Umständen auch die Metallumhüllungen von Leitungen mit einer Erdleitung an eine in der Erde liegende Elektrode angeschlossen. Man will damit erreichen, dass zwischen solchen Metallteilen und der Erde keine oder wenigstens keine gefährlichen Spannungen auftreten können. Eine nähere Untersuchung zeigt aber, dass dieses Ziel nicht in allen Fällen erreicht werden kann. Man muss dann darnach trachten, dass der Fehlerstrom innert möglichst kurzer Zeit abgeschaltet wird, so dass die gefährlichen Zustände nur ganz kurze Zeit bestehen bleiben können. Ist auch dies nicht möglich, so kann das Erdungssystem nicht angewendet werden und es sind andere Schutzmassnahmen zu treffen. In Nachstehendem soll nun gezeigt werden, in welcher Weise das Erdungssystem wirkt und unter welchen Bedingungen dieses System angewendet werden kann:

1. *Der einpolige Erdschluss.*

Entsteht an einem elektrischen Apparat oder an einer elektrischen Maschine ein Isolationsfehler, so dass ein Polleiter mit dem Metallgehäuse in Berührung kommt, und ist dieses Gehäuse weder geerdet noch genullt, so tritt zwischen dem betrefenden Gehäuse und der Erde eine Spannung auf, die gleich gross wie die Phasenspannung des Netzes ist. Diese Behauptung ist aber nur dann sicher zutreffend, wenn der Transformatornullpunkt an Erde gelegt ist. Da die neue Starkstromverordnung in Art. 26 eine solche Erdung vorschreibt, können die Untersuchungen über die Schutzerdung auf diesen Fall beschränkt werden. Die Richtigkeit vorstehender Behauptung lässt sich anhand der schematischen Skizze Fig. 19 nachweisen. Dieses Schema stellt ein einfaches Niederspannungsnetz dar, an welches ein Elektromotor M angeschlossen ist, der bei F einen Isolationsfehler aufweist, wobei ein Polleiter das Motorgehäuse berührt. Da zwischen dem Polleiter und dem Transformatornullpunkt die Phasenspannung herrscht und der Transformatornullpunkt an Erde gelegt ist, so muss auch zwischen dem Objektgehäuse (mit einem Polleiter in Berührung stehend) und der Erde die Phasenspannung herrschen.

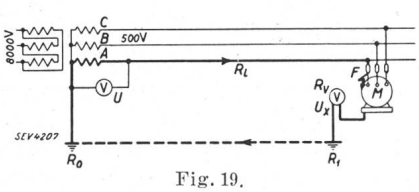

Fig. 19.

Diese Spannung kann auch mit Hilfe eines Voltmeters nachgewiesen werden. Hiefür ist das Voltmeter an das Gehäuse des Motors und eine Erdelektrode anzuschliessen. Im Abschnitt B_4, «Die Eigenschaften der Erdungen», wurde gezeigt, dass die die Elektrode umgebende Erde dem Stromdurchgang einen Widerstand bietet, der von der Dimension der Elektrode und dem spezifischen Widerstand der Erde abhängig ist. Für die Berechnung der Spannung, die bei direkter Messung das Voltmeter anzeigt, müssen somit ausser dem Widerstand der Leitung (R_L) und dem Widerstand des Voltmeters (R_V) auch die Erdwiderstände der Voltmetererdungsstelle (R_1) und der Nullpunktserdungsstelle (R_0) berücksichtigt werden. Ueber den durch das Voltmeter geschlossenen Stromkreis fliesst bei einer Phasenspannung U nach dem Ohmschen Gesetz ein Strom

$$I = \frac{U}{R_L + R_V + R_1 + R_0} \qquad (9)$$

Da besonders der Leitungswiderstand R_L aus Ohmschem und induktivem Widerstand zusammengesetzt ist, so müsste streng genommen im Nenner die geometrische Summe der Widerstände eingesetzt werden. Im Folgenden handelt es sich aber in der Hauptsache nur um überschlägige Rechnungen, bei denen die induktiven Widerstände, die im Verhältnis zu den Ohmschen Widerständen in der Regel klein sind, vernachlässigt werden können. In denjenigen Beispielen, wo die induktiven Widerstände von Bedeutung sind, wird die geometrische Summe gebildet.

In einem 500 V-Netz beträgt die Phasenspannung bekanntlich $U = 500 : \sqrt{3} = 290$ V. Nimmt man für verschiedene Widerstände folgende Werte an:

Leitungswiderstand	$R_L =$	2 Ω
Voltmeterwiderstand	$R_V =$	2000 Ω
Erdwiderstand	$R_1 =$	100 Ω
Erdwiderstand	$R_0 =$	20 Ω
Gesamtwiderstand	$=$	2122 Ω

so fliesst ein Strom von

$$I = \frac{290}{2122} = 0{,}1365 \text{ A.}$$