# Die Selbstkorrosion der Bleikabel

Autor(en): **Anderegg, F. O. / Achatz, R. V.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri**

Band (Jahr): **5 (1927)**

Heft 4

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-873833

**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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

und Drehstromgenerator 220 V, an die Batterie geschaltet.

*Erwartungen.* Während diese Zeilen geschrieben werden, wird die letzte Hand angelegt zur Vorbereitung des Ueberganges auf das neue Werk. Da dürfte es wohl am Platze sein, sich die Frage vorzulegen: Was darf man von diesem Werk erwarten?

Zur Beurteilung der Qualität des Dienstes und zur Bestimmung des Personalbedarfes für den Unterhalt können wir die Erfahrungen der Zentrale Hottingen-Limmat zu Rate ziehen. In Fig. 19 sind die Resultate der Dienstbeobachtungen, Prüfversuche und Probeverbindungen im Amt Hottingen-Limmat vom Jan. 1926 bis Mai 1927 graphisch dargestellt. Es ist ersichtlich, dass der Prozentsatz der Fehlverbindungen, alle Unregelmässigkeiten — ob sie vom Abonnenten selbst bemerkt werden oder nicht — eingerechnet, heute zwischen 0,5 und 1 schwankt. Während des Umbaues der Zentrale Hottingen von halb- auf vollautomatischen Betrieb stiegen die Störungen naturgemäss stark an. Der grosse Unterschied zwischen den Kurven 1, 2 und 3 erklärt sich aus dem Umstand, dass die Dienstbeobachtungen (1) jeweils in den soeben auf V. A.-Betrieb umgeschalteten Gruppen aufgenommen wurden, während die Prüfversuche (2) und die Probeverbindungen (3) eher einen Durchschnitt für das ganze Amt darstellen. Die Kurven liefern den Beweis, dass das angewendete Betriebssystem einwandfreie Resultate liefert. Der Wirkungsgrad des Amtes, oder der verschiedenen Aemter zusammen, beträgt — vorausgesetzt, dass die Abonnenten richtig manipulieren, die Anrufe beantworten und nicht besetzt sind — 99 bis 99,5%.

Ausser dieser guten Qualität des Dienstes wird von den Abonnenten die rasche Herstellung und Trennung der Verbindungen besonders geschätzt. Die Eröffnung der neuen Zentralen bringt im Zürchernetz ausserdem eine Vereinheitlichung des Betriebssystems und damit den Wegfall der seit dem Jahre 1917 üblichen halbautomatischen Vermittlung zwischen der alten und den neuen Zentralen.

Die Einsparung an Betriebspersonal beläuft sich auf 148 Telephonistinnen und 15 Aufseherinnen. Dagegen muss das Personal für den Unterhalt, wie aus nachstehender Zusammenstellung hervorgeht, um 7 Monteure und 7 Telephonistinnen vermehrt werden.

| | Alte L.B.-Zentrale Bahnhofstrasse | Neue V.A.-Zentrale Selnau-Uto inkl. Unterzentralen |
|---|---|---|
| Hauptverteiler | 4 Monteure | 4 Monteure |
| Prüftisch | 2 ,, | 3 ,, + 1 Telephonistin |
| *LB-Handzentrale* | $2^1/_2$ ,, | — |
| Schnurreparaturen | $2^1/_2$ ,, | — |
| B- u. opt. B-Plätze | 1 ,, | — |
| *VA-Zentrale* | | |
| Elektr. Unterhalt | — | 6 Monteure |
| Mechan. Unterhalt | — | 6 ,, |
| Prüfversuche | — | 4 Teleph. |
| Hilfsarbeiten | — | 2 ,, |
| Total | 12 Monteure | 19 Monteure und 7 Telephonistinnen |

# Die Selbstkorrosion der Bleikabel.

Von F. O. Anderegg und R. V. Achatz.
(Gekürzte Uebersetzung von E. E.)

## I. Einleitung.

Die Vorteile, die sich aus der unterirdischen Führung von Telephon- und Starkstromleitungen ergeben, sind in die Augen springend. Allein diese Bauart erfordert weit höhere Kapitalaufwendungen als die oberirdische, weshalb sie auf verkehrsreiche Stadtteile und auf Gegenden beschränkt ist, wo eine grosse Zahl von Drähten benötigt wird. Von den Kosten für Telephon- und elektrische Anlagen in grossen Städten entfällt ein erheblicher Prozentsatz auf die Kanäle und auf die nötigen Schächte. Vom rein wirtschaftlichen Standpunkt aus sind solche Aufwendungen nur gerechtfertigt, wenn die laufenden Kosten geringer sind als bei oberirdischen Anlagen von gleichem Umfang. Es hat sich gezeigt, dass unterirdische Verlegungen im Telephonbetrieb nicht wirtschaftlich sind, wenn weniger als 200 Doppelleitungen in Frage stehen.*)

Angesichts der hohen Kosten kommen Rohrleitungen und Einsteigöffnungen für kleinere Ortschaften nicht in Betracht; es hat daher nicht an Anstrengungen gefehlt, für weniger wichtige Telephonanlagen eine billigere Bauart zu schaffen. Diese Versuche haben dazu geführt, kleinere Kabelstrecken einfach ins Erdreich zu verlegen, ohne dass in allen Fällen ein mechanischer Schutz zur Anwendung gelangt wäre. Die Erfahrung hatte früher schon gezeigt, dass bleierne Wasserröhren eine ganz erhebliche Lebensdauer aufweisen. In Ruinenstädten sollen Bleiröhren aufgefunden worden sein, die trotz mehrhundertjährigem Alter in gutem Zustande waren. Es lag eigentlich kein Grund vor anzunehmen, dass bleierne Kabelmäntel nicht ebenso lange dauern würden; allerdings war mit häufigeren mechanischen Beschädigungen zu rechnen.

Da die ersten Versuche günstig ausfielen, gelangte man immer mehr dazu, die Kabel unmittelbar ins Erdreich zu verlegen. Bei den kleineren Gesellschaften hat sich dieses Verfahren in den letzten fünf Jahren rasch eingebürgert, und einzig in Indiana sind viele Meilen solcher Kabel ausgelegt worden. Zwar sind einige mechanische Beschädigungen vorgekommen, und es sind alsbald auch Fälle von elektrolytischer Korrosion festgestellt worden, die auf vagabundierende Rückströme der Strassenbahnen und anderer

*) Man möge nicht ausser acht lassen, dass es sich hier um amerikanische Verhältnisse handelt.

geerdeter Starkstromanlagen zurückzuführen waren; aber diese Schwierigkeiten waren mehr von örtlicher Bedeutung und vermochten der raschen Ausdehnung des Verfahrens kaum Abbruch zu tun.

Als aber die Kabelnetze eine grössere Ausdehnung erlangt hatten, beobachtete man, dass der mit dem Erdreich in Verbindung stehende Bleimantel in gewissen Fällen rasch zugrunde ging. Da die Berichte aus Ortschaften stammten, wo weder elektrische Bahnen noch andere Streustrom-Quellen vorhanden waren, vermutete man schliesslich, dass unter gewissen Verhältnissen eine Selbstkorrosion des Bleimantels eintrete.

Mit Rücksicht auf die im Staate Indiana und wohl auch anderswo gemachten grossen Aufwendungen für Kabelanlagen wurde es als wünschbar erachtet, die gemeldeten Erscheinungen zum Gegenstand einer Untersuchung zu machen. Die Beobachtungen im Gelände wurden von der Chemiker- und der Elektrikerschule der Purdue University gemeinsam ausgeführt, während die Versuche über Korrosion unter Mitwirkung der chemischen Laboratorien vorgenommen wurden.

*Zweck der Untersuchung.* Die vorliegende Arbeit befasst sich bloss mit der Art von Korrosion, die im Bericht des amerikanischen Ausschusses für Elektrolyse als „Selbstkorrosion" bezeichnet wird.

„Von *Selbstkorrosion* spricht man, wenn ein im Boden liegendes Rohr oder ein im Boden liegender anderer Gegenstand aus unreinem oder ungleichartigem Metall durch örtliche Vorgänge elektrischer Natur angegriffen (korrodiert) wird.

*Anmerkung:* Der Vorgang wird als Selbstkorrosion bezeichnet, weil der elektrische Strom seinen Ursprung im Metall selbst hat und nicht durch äussere Ursachen zum Fliessen gebracht wird. Auch chemische Einwirkungen können zu Selbstkorrosions-Erscheinungen Anlass geben".

In einigen Fällen gestaltete sich die Sache verwickelt, weil vagabundierende Rückströme elektrische Vorgänge veranlassten; die ausschliesslich oder hauptsächlich auf Streuströme zurückzuführenden Korrosions-Erscheinungen sind indessen nicht untersucht worden. Mechanische Beschädigungen und andere Ursachen von Störungen an eingegrabenen Kabeln haben zwar zu einigen Feststellungen Anlass gegeben; die Ergebnisse sind aber noch zu unbedeutend, als dass sie heute schon verwertet werden könnten.

## II. Beobachtungen im Gelände.

Es ist möglich gewesen, zahlreiche Fälle von Kabelkorrosion unter Verhältnissen zu studieren, wie sie im Gelände selbst bestehen. Es sind in grosser Zahl Laboratoriumsversuche vorgenommen worden an Mustern, die von Korrosionsstellen herrührten oder die zu Vergleichszwecken im Laboratorium hergestellt worden waren. Wenn immer möglich wurden die Fehlerstellen aufgesucht und wurden über die Verhältnisse Erkundigungen eingezogen. Die Kabelgraben wurden geöffnet und in ihrer näheren Umgebung untersucht, und es wurden Erdproben an der Oberfläche und an den Berührungsstellen gesammelt; ausserdem sind Stücke von Kabelmänteln und Korrosionsprodukte beigebracht worden.

All diese Belegstücke wurden alsdann im Laboratorium untersucht in der Absicht, den Ursachen der Korrosion auf den Grund zu gehen. Um festzustellen, ob Streuströme vorhanden seien, wurden Potentialmessungen zwischen dem Kabel und der Erde und zwischen dem Kabel und andern geerdeten Metallgegenständen vorgenommen. In einigen Fällen, wo es den Verfassern nicht möglich war, sich selbst an Ort und Stelle zu begeben, wurden die Belegstücke von Mitinteressenten beigebracht, die entsprechende Anleitung erhalten hatten.

*Potential-Messungen.* In sämtlichen inspizierten Ortschaften wurde das Potential zwischen dem Kabel und einer Hilfselektrode bestimmt. Zur Messung diente in der Regel ein Voltmeter mit hohem Widerstand. An einem Orte aber, nämlich in Lapel, Indiana, ging man weiter, indem man ein Potentiometer und verschiedene Arten von Hilfselektroden verwendete. In den meisten Fällen stimmten die Potentialwerte ziemlich genau mit den durch Rechnung ermittelten überein, woraus sich ergab, dass Streuströme nicht vorhanden waren.

*Beschreibung der inspizierten Orte.* Fig. 1 gibt an, an welchen Stellen Kabel inspiziert wurden, die nicht in Rohrleitungen, sondern unmittelbar ins Erdreich verlegt worden waren. Im nachstehenden geben wir eine kurze Beschreibung der jeweiligen Verhältnisse.

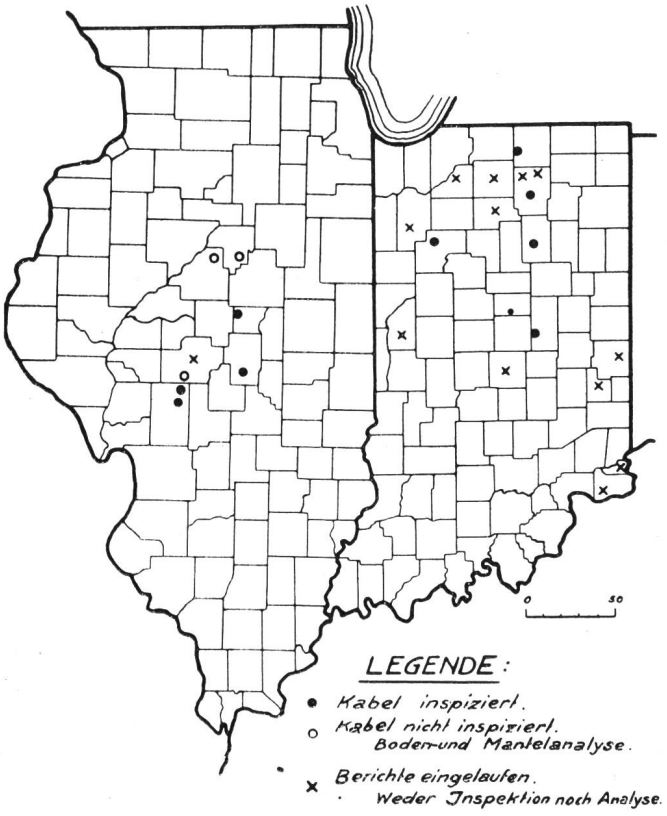


Fig. 1.

Monon Indiana. Zwei Störungen. Erste Stelle in der Nähe des Hauptverkehrspunktes der Stadt. Makadamstrasse. Der Boden in der Nähe des Kabels enthielt Kalkstein. Kabel wurde 1917 gelegt. Nach drei Jahren mussten 300 Fuss ersetzt werden. Mantel stark angegriffen. Ueber dem Kabel 2 Zoll dicke Betonplatte. Zweite Stelle, 300 Fuss von der ersten,

in einem ungepflasterten Gässchen. Altes Kabel zu 100 Doppeladern, Zinnbleimantel, wurde verlegt mit neuem Kabel zu 50 Doppeladern, Antimonbleimantel. Als das Kabel im Jahr 1922 herausgenommen werden musste, waren am Zinnbleimantel keine Korrosionserscheinungen wahrzunehmen, während der Antimonbleimantel stark angegriffen war.

Wabash Indiana. Eine der ersten Anlagen, bei der unterirdische Kabel verwendet wurden. Leichter Sandboden. Kabel durch eine Papierumhüllung geschützt. In den Jahren 1909 und 1910 erstellt. Zwei Proben ergaben, dass sich das Kabel in gutem Zustand befindet. Keine Anzeichen von Korrosion. Einige Störungen in gewissen Stadtteilen waren auf elektrolytische Erscheinungen zurückzuführen.

Warsaw Indiana. Kabellegung aus dem Jahr 1920. Leichter Sandboden. Störungen nach 2 Jahren, verursacht durch Streuströme einer elektrischen Bahnlinie. Keine Selbstkorrosion festzustellen.

Wakarusa Indiana. 6000 Fuss langes Kabel aus dem Jahr 1914. Wurde in den Graben verbracht und mit Sand und Fichtenbrettern zugedeckt. Schwarzes Erdreich mit vielen organischen Substanzen. Mehrere Störungsfälle im Jahr 1917 und später. Erstellung eines Luftkabels von 2800 Fuss Länge, als Ersatz für das unterirdische Kabel.

Lapel Indiana. Kabellegung erfolgte ungefähr im Jahr 1919. Ein erster Fehler stellte sich ein Jahr später ein, wo der Mantel beschädigt wurde. Spuren von Korrosion. Zweite Störung im Jahr 1923. Kabel wies auf längerer Strecke Korrosionserscheinungen auf. Schwarze Erde, an der Oberfläche etwas aschenhaltig.

Macon Illinois. Kabellegung erfolgte vor 1917. Schwarzes Erdreich an der Oberfläche. Glazialschicht mit schwarzem Untergrund. Sehr feucht. Zwei Störungen in einem Abstand von 100 Fuss. Kabel auf der Unterseite angegriffen. In einer Entfernung von ungefähr ¼ Meile, wo der Boden trocken war, waren keine Korrosionserscheinungen festzustellen.

Waynesville Illinois. Kabel aus dem Jahre 1917. Schwarze Oberschicht mit Glazialunterlage. Drei Störungen. In einem Falle Durchlöcherung des Mantels mit raschem Eindringen von Wasser. Schwarzer Niederschlag auf dem Kabelmantel. In den beiden andern Fällen weisser Niederschlag und zahlreiche Korrosionsnarben.

Virden Illinois. Kabellegung erfolgte vor mehreren Jahren. Erste Stelle: Lehmboden. Schwarzer Niederschlag auf dem Kabel und Kristallansatz in nächster Umgebung. Zweite Stelle: Schwarzes Erdreich. Kabel stark angegriffen. Asche im Boden. Dritte Stelle: Kabel stark angegriffen in der Nähe eines faulenden Stangenfusses. Vagabundierende Rückströme aus interurbanen Leitungen.

Girard Illinois. Kabellegung erfolgte vor mehreren Jahren. Erste Stelle: Schwarzes Erdreich mit Lehm vermischt. Keine Korrosion ersichtlich, als Kabel ein Jahr vorher hatte ausgebessert werden müssen. Zweite Stelle: Schwarzes Erdreich mit Lehm vermischt. Zwei Muffenreparaturen im Kabelschacht. Korrosionsspuren am alten Kabelmantel. Vagabundierende Rückströme auf einzelnen Kabelstrecken, an den Störungsstellen aber nicht nachweisbar.

*Verhältnisse an nicht inspizierten Orten.* Von verschiedenen Orten lagen Erdmuster und Kabelstücke vor, die von sachkundigen Leuten beigebracht worden waren. Von diesen Beobachtern sind folgende Angaben gemacht worden:

Washington Illinois. Allgemeine Verhältnisse wie in Waynesville Illinois. Kabelmantel soll aus reinem Blei bestehen. Korrosion beobachtet ungefähr 5 Jahre nach der Legung.

El Paso Illinois. Allgemeine Verhältnisse wie in andern Orten von Illinois. 6000 Fuss Kabel wurden ungefähr 1920 ausgelegt. Kabelmantel wahrscheinlich aus Reinblei. Hauptfehler wurde 3 Jahre nach der Legung auf 25 Aderpaaren beobachtet.

Chatham Illinois. Allgemeine Verhältnisse wie in Virden und Girard. Unterirdisches Kabel mit Teerumhüllung vor ungefähr 16 Jahren ausgelegt. Eine Störung wurde festgestellt an einem Punkte, wo der Teerüberzug fehlte und wo das Kabel mit Beton in Berührung gekommen war. Auf der übrigen Strecke, wo Teerüberzug unversehrt geblieben war, fand sich Kabel in gutem Zustand.

Palacios Texas. Kabellegung erfolgte 1920. Störung stellte sich 1922 ein. Keine Strassenbahnen. Vermutlich Antimonbleimantel.

Wisner Nebraska. Kabel in der Nähe eines Grabens, der Wasser aus einer benachbarten Viehweide aufnimmt. Kabel hatte sich stark zersetzt und bildete eine weisse, mehlige Substanz. Erdmuster oder Kabelteile sind nicht beigebracht worden. Kabel auf einer Länge von 3000 Fuss beschädigt.

Minier Illinois. Verhältnisse ähnlich wie in Waynesville Illinois, das 20 Meilen entfernt liegt. Erhebliche Schäden, die auf Zerstörung des Bleimantels zurückzuführen sind. Erdmuster und Kabelteile sind nicht beigebracht worden.

### III. Die Zusammensetzung des Kabelmantels.

Im Verlaufe der Entwicklung, d. h. während der letzten 40 Jahre, sind drei verschiedene Typen von Kabelmänteln eingeführt worden. Einmal wird reines Blei verwendet, wie es im Handel erhältlich ist (sagen wir der Kürze halber reines Handelsblei), sodann eine Legierung aus Blei und 1—3% Zinn und endlich Blei mit wenigstens 1% Antimon. Kabelmäntel aus Legierungen ergeben eine festere Hülle und sind der sog. Kristallisation, der Zersplitterung durch Erschütterungen, nicht unterworfen. Es hat sich gezeigt, dass ältere Kabel, deren Mantel aus reinem Blei bestand, in hölzernen Kanälen Korrosionserscheinungen aufwiesen, während Zinnblei-Legierungen nicht angegriffen wurden.

Der Bleimantel wird gebildet, indem man das Aderbündel mit geschmolzenem Blei umpresst. Im allgemeinen wird der Prozess dauernd überwacht, damit eine gleichmässige Metallhülle entsteht, die das Eindringen von Feuchtigkeit verhindert, auch wenn das Kabel in Wasser getaucht wird. Als Ursachen von Körnungsunterschieden fallen in Betracht: Temperaturänderungen des Metalls in der Presse und während der Abkühlung und die Möglichkeit, dass in der Presse Rückstände vorhanden sind. Derartige Aenderungen ergeben Unterschiede im physikalischen Verhalten der einzelnen Kabelabschnitte, die dann gegen Korrosion ungleich empfindlich sind.

## IV. Beziehung zwischen der Korrosion von Bleimänteln und der Beschaffenheit des Bodens.

Um den Säure- und den Alkaligehalt der Böden zu bestimmen, wurde die Thiocyanat-Methode angewandt. (Mit Eisenthiocyanat kann der saure oder basische Zustand des Bodens ermittelt werden. Ferner gibt seine Bildung aus Thiocyansäure HCNS mit der betreffenden Erde ein empfindliches Reagens auf Eisensalze, die im Boden vorhanden sind.)

Da die meisten unserer Böden basisch sind, war dieses Verfahren ganz angezeigt. Das Calciumkarbonat-Aequivalent wurde zu 100/44 des hinzugefügten Gewichtes berechnet, wenn man die Verbrennungsprodukte mit Ammoniumkarbonat behandelte und dann den Ueberschuss an Ammoniumsalzen ausschied. Das Gewicht der flüchtigen Substanzen ergab sich aus der Differenz.

Bei den Abstechern ins Gelände wurden zahlreiche Erdmuster, Teile von Kabelmänteln sowie Korrosionsprodukte gesammelt.

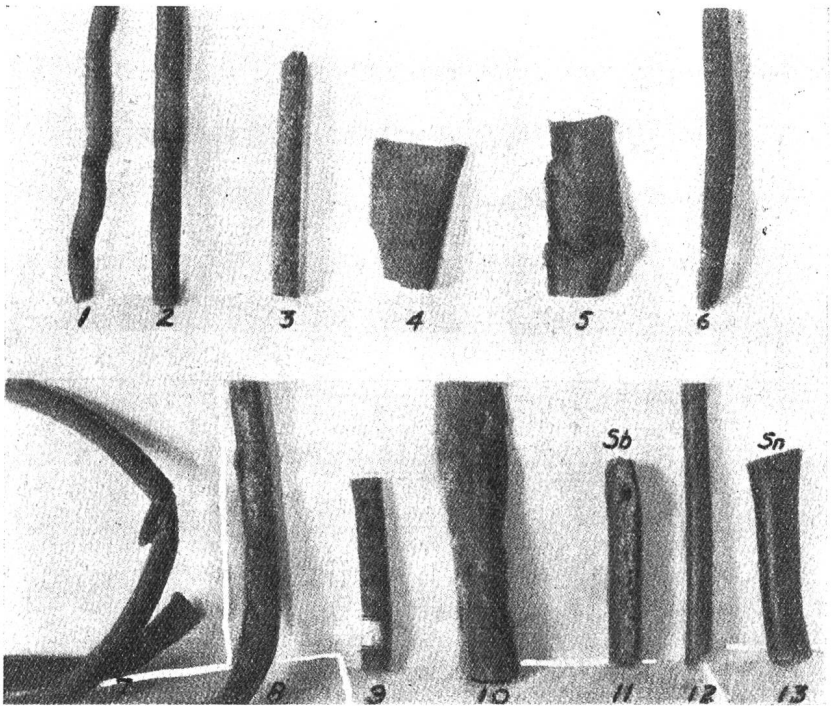


Fig. 2. Beispiele von Kabelkorrosion. Nr. 1, Antimonblei- und Nr. 2, Reinblei-Mantel, die im Laboratorium verwendet wurden. Nr. 3, Reinblei aus Washington, Ill. Nr. 4, Reinblei aus Girard, Ill. Nr. 5, Antimon 0,7% aus Macon, Ill. Nr. 6, Antimon 0,74% aus Waynesville, Ill. Nr. 7, Antimonblei aus Wakarusa, Ind. Nr. 8, elektrolytische Korrosion aus Wabash, Ind. Nr. 9, Antimonblei aus El Paso, Ill. Nr. 10, Antimonblei 0,8% aus Lapel, Ind. Nr. 11, Antimonbleimantel 0,8% aus Monon, Ind., der unmittelbar neben einem 4,5% Zinnbleimantel, Nr. 13, lag. Nr. 12, Reinblei aus Monon, Ind.

Organische Substanzen scheinen bei der Kabelkorrosion eine ganz besondere Rolle zu spielen. Im allgemeinen erhält man den Eindruck, es bestehe zwischen den beiden eine unmittelbare Beziehung. Es ergibt sich daraus, dass es sich nicht empfiehlt, unbewehrte Kabel in Böden zu verlegen, die in erheblicher Menge organische Substanzen enthalten. Der Gehalt an solchen Substanzen lässt sich im allgemeinen aus dem Schwärzegrad des Erdreichs erkennen. Steht Holz in Berührung mit dem Erdreich, so verfault es und scheint dann organische Säuren zu bilden, die das Blei angreifen. Es ist daher nicht ratsam, zum Schutz des Kabels Holzbretter zu verwenden.

Sehr wichtig sind sodann die Abflussverhältnisse. Eine einwandfreie Entwässerung erhöht den Widerstand gegen Korrosion wesentlich.

Ein weiterer Punkt, der in Berücksichtigung gezogen werden muss, ist die Zusammensetzung des verwendeten Bleies. Unsere Beobachtungen lassen den Schluss zu, dass eine Legierung von Zinn und Blei am widerstandsfähigsten ist. Reines Handelsblei wird stärker angegriffen, und Antimonblei wird im allgemeinen am raschesten zerstört. Das will nun allerdings nicht besagen, dass Zinnblei eine unbegrenzte Lebensdauer besitze. In Monon z. B. blieben zwei Kabel, das eine mit einem Antimonblei-, das andere mit einem Zinnblei-Mantel drei Jahre lang im selben Graben. Wie Nr. 11 der Fig. 2 zeigt, war das erste dieser Kabel stark durchlöchert. Das zweite, das durch Nr. 13 veranschaulicht wird, war anscheinend unversehrt geblieben. Die mikroskopische Untersuchung ergab aber, dass die Oberfläche des Kabelmantels auch im zweiten Falle Anfänge von Korrosion aufwies (Fig. 3).

Kalk scheint bei der Korrosion des Bleies eine Rolle zu spielen, namentlich wenn er, wie in vielen unserer Böden, im Uebermass vorhanden ist. Da die Bodenbeschaffenheit von Indiana und Illinois zum grossen Teil auf die Eiszeit zurückweist, und da die untern Schichten meistens kalkhaltig sind, so sind die Ergebnisse der Beobachtungen sehr lehrreich. Vorab ist zu bemerken, dass dem Kalk in bakteriologischer Hinsicht eine grosse Bedeutung zukommt: er erhöht die bakteriologische Tätigkeit im allgemeinen. Es ist daher anzunehmen, dass er die Gärung der organischen Stoffe begünstigt, wobei sich Essig- und andere

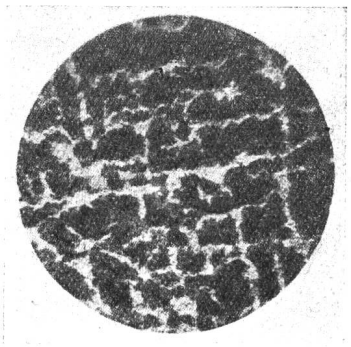

Fig. 3. Mikroskopische Aufnahme eines Zinnbleimantels nach Berührung mit der Erde. Vergrösserung 35. Derselbe Mantel wie Nr. 13 in Fig. 2. Obschon von blossem Auge keine Korrosion wahrzunehmen ist, kommt unter dem Mikroskop ein ganzes Korrosionsnetz zum Vorschein.

ähnliche Säuren bilden. Ueber diese Frage ist noch wenig geschrieben worden; aber die Untersuchungen, die 80% der angegriffenen Kabel umfassten, haben ergeben, dass überall Essig-Säure vorhanden war. Kalkhaltigkeit begünstigt die Bildung von Ammoniak, Nitriten und Nitraten im Boden. Nitrite und Nitrate scheinen bei der Korrosion eine Rolle zu spielen, wahrscheinlich infolge ihrer oxydierenden Wirkungen.

Calciumkarbonat übt selbst schon einen zerstörenden Einfluss auf das Blei aus. Hinweise auf Kabelkorrosion, verursacht durch Calciumkarbonat, Gips, Kalk, Kalkmörtel oder Beton, finden sich in zahlreichen Werken. Wenn daher ein Fabrikant neulich empfohlen hat, die Kabel vor der Wirkung organischer Säuren durch gestossenen Kalk zu schützen, so ist das ein Rat von zweifelhaftem Wert. Mit Korrosionserscheinungen muss gerechnet werden, da Beton für Feuchtigkeit und Gase mehr oder weniger durchlässig ist. Blei ist infolge seines zwitterhaften Verhaltens sowohl in Alkalien als in Säuren löslich. Kalkstein begünstigt oft die Bildung von Bleiglätte, ja sogar von Mennig. So war ein Teil des Reinblei-Mantels von Monon, Nr. 12 in Fig. 2, mit einem Mennigüberzug bedeckt. Der Vorgang, der sich bei der Bildung dieses höheren Oxydes abspielt, ist zurzeit noch unabgeklärt.

## V. Untersuchungen im Laboratorium.

Während die Korrosion von Reinblei Gegenstand zahlreicher Untersuchungen bildet, befassen sich nur sehr wenige Werke mit den Antimonblei- und Zinnblei-Legierungen, die zur Herstellung von Kabelmänteln ebenfalls häufig verwendet werden. Unsere Laboratoriums-Versuche haben die meisten der bereits bekannten Ergebnisse bestätigt und ausserdem über einige weitere Punkte Aufschluss gegeben. Gleichzeitig wurden die Eigenschaften von Antimonblei und Zinnblei festgelegt. Endlich wurden die im Gelände gemachten Beobachtungen überprüft und ausgedehnt, bis eine befriedigende Erklärung der meisten bei der Korrosion von Bleikabeln auftretenden Erscheinungen gefunden werden konnte.

Zur Durchführung der Laboratoriumsversuche wurden fünf verschiedene Verfahren angewandt. Die Selbstkorrosion des Bleies in Berührung mit dem Erdreich wurde studiert 1. bei Zimmertemperatur und 2. in einem Brutschrank. Punkt 3 betraf die Wirkung von wässerigen Säure- und alkalischen Lösungen, Punkt 4 die E. M. K., und Punkt 5 erstreckte sich auf metallographische Studien. Das Material zu diesen Versuchen wurde in zuvorkommender Weise von den Hawthorne-Werken der Western Electric Company zur Verfügung gestellt. Es umfasste drei Bleisorten, wie sie für Kabelmäntel gemeinhin verwendet werden. 5% sämtlicher Kabelmäntel bestehen aus reinem Handelsblei; die Muster enthielten Spuren von Kupfer, Arsen und Eisen. In 90% der Fälle wird zur Herstellung von Telephonkabeln eine Legierung verwendet, die sich aus reinem Handelsblei und höchstens 1% Antimon zusammensetzt (die unsrigen enthielten im Durchschnitt ½%). In den übrigen Fällen wird reines Handelsblei verwendet, dem 3% Zinn beigemengt werden. Diese Muster wurden von Kabeln losgelöst, die in normaler Weise hergestellt worden waren.

## VI. Korrosionsversuche bei Zimmertemperatur.

*Versuche.* Bei den ersten Versuchen wurden die Bleimuster in ungefähr 100 Gefässen mit 5 Erdsorten in Berührung gebracht (Fig. 4). Die erste Reihe enthielt Schlamm mit über 50% flüchtigen Stoffen, die vierte Reihe einen sehr hellen Lehm (Miami), der von einem Hügel im Westen von La Fayette, Indiana, herrührte und dessen Gehalt an flüchtigen Substanzen etwa 3% betrug. In der zweiten und dritten Reihe waren Schlamm und Lehm im Verhältnis von 2:1 und 1:2 gemischt. Jeder dieser Reihen wurden verschiedene Substanzen zugesetzt (gelöschter Kalk, Abfallstoffe usw.). Die Mischung erfolgte in einer grossen Flasche, die jeweilen 400mal umgedreht wurde. Die fünfte Reihe enthielt Erdmuster, die im Gelände gesammelt worden waren. Hier wurden keine Chemikalien zugesetzt.

In jeden Topf wurden 6 Bleimuster gebracht und darin vollständig eingegraben. Es handelte sich um die im Kabelbau verwendeten 3 Bleisorten und ausserdem um 3 U-Formen, die gewonnen worden waren durch Zusammenschmelzen von reinem Blei und Antimonblei, von reinem Blei und Zinnblei und von Antimonblei und Zinnblei. Die engen U-Formen wurden dicht mit Erde umgeben, um das Auftreten örtlicher galvanischer Wirkungen zu vermeiden, die durch Unterschiede in der E. M. K. der beiden Bleisorten hervorgerufen werden konnten.

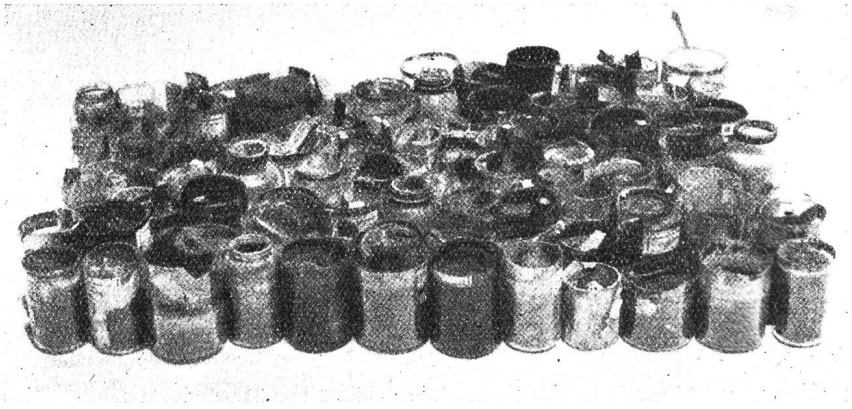

Fig. 4. Mehrere Arten von Bleimänteln blieben in diesen Töpfen 10 Monate lang in Berührung mit verschiedenen Erdmischungen.

Die Gefässe blieben vom Januar bis zum November 1922 im Laboratorium bei einer mittleren Temperatur von 21° C. Zur Erreichung möglichst naturgetreuer Verhältnisse wurden die Gefässe allwöchentlich einmal begossen. Da eine Entwässerungsanlage nicht vorhanden war, musste mit stärkeren Korrosionserscheinungen gerechnet werden als bei Kabelanlagen mit gutem Wasserablauf. Auch die hohe mittlere Temperatur des Laboratoriums begünstigte

die Entwicklung der Korrosion, da die chemischen Wirkungen mit steigender Temperatur bekanntlich kräftiger werden.

Wenn die Selbstkorrosion auf örtliche Ursachen oder Spannungsunterschiede zwischen zwei Teilen des Mantels zurückzuführen wäre, so hätten die verschiedenartig zusammengesetzten U-Formen diese Wirkung zeigen müssen. Aber bei keiner der 300 eingegrabenen U-Formen, die unter Zimmertemperatur standen, war ein Spannungsunterschied zu beobachten. Bei allen U-Hälften war der Korrosionsgrad der nämliche wie bei den getrennten Mustern derselben Gattung. An den scharfen Abbiegungen wurden Sprödigkeiten in der Struktur festgestellt.

*Schlussfolgerungen.* Obschon die Ergebnisse nicht als endgültig angesehen werden dürfen, lassen sich aus den Untersuchungen an angegriffenen Bleiflächen doch einige allgemeine Leitsätze ableiten. Wenn den Schlüssen nicht endgültige Bedeutung zukommt, so liegt dies daran, dass die Korrosionserscheinungen sehr verwickelter Natur sind. In gewissen Fällen z. B. sind die Wirkungen eines ungewöhnlich hohen Feuchtigkeitsgehaltes stark genug, um die geringeren Wirkungen einiger Zusatzagenzien zu verdecken. Als Ergebnis der angestellten Untersuchungen lassen sich folgende Sätze aufstellen:

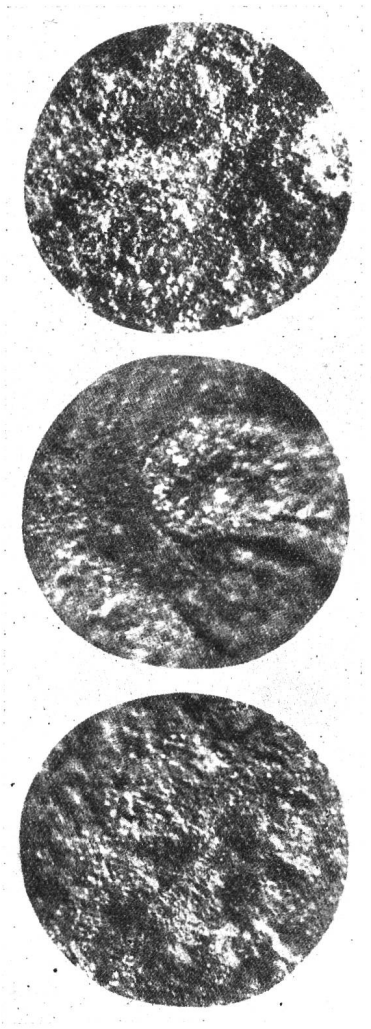

Fig. 5. Drei Bleimuster, die gleich mehreren Hundert andern 10 Monate lang in einem Boden gelegen waren, welcher Abfallstoffe enthielt. a) Reinblei, Vergrösserung 35, b) Antimonblei, Vergrösserung 9, und c) Zinnblei, Vergrösserung 35. Antimonblei ist am stärksten, Zinnblei am schwächsten angegriffen.

1. In 97 von 100 Fällen zeigte sich Zinnblei widerstandsfähiger gegen Korrosion als alle anderen Muster. In 85% aller Fälle war der Unterschied augenscheinlich.

2. Antimonblei wurde in etwa 70 von 100 Fällen stärker angegriffen als Reinblei.

3. Die Korrosion war um so stärker, je mehr organische Substanzen vorhanden waren. Sie nahm in folgender Reihenfolge ab: Schlamm, Schlamm 2: Lehm 1, Schlamm 1: Lehm 2 und Lehm allein. Der Zusatz von Abfallstoffen, die Essig-, Milch- und ähnliche Säuren enthalten, war von wesentlichem Einfluss auf die Korrosion (siehe Fig. 5a, b und c).

4. Ein Zusatz von Kalk, der das Sauerwerden verhindern sollte und einen Ueberschuss von 0,13% ergab, übte auf die Reihen 1, 2 und 3 keine nennenswerte Wirkung aus. Zweifelsohne war dies der Bildung von Säuren zuzuschreiben, wobei der überschüssige Kalk verbraucht wurde. In den Miami-Töpfen der Reihe 4 hingegen hatte der Kalk eine wesentliche Wirkung, und zwar sowohl auf Reinblei als auch auf die Legierung mit Antimon. Es wurden zahlreiche Mennigniederschläge beobachtet, ähnlich wie bei dem Reinbleimantel aus Monon (siehe Fig. 2, Nr. 12). Kalk, der den Abfallstoffen beigefügt wurde, hatte sehr kräftige Korrosionswirkungen zur Folge. Dies erklärt sich aus der durch den Kalk bedingten stärkeren Bakterientätigkeit.

5. Calciumazetat erhöhte die Korrosion von Antimonblei und Reinblei, namentlich wenn Lehm vorhanden war; auf Zinnblei war die Wirkung gering.

6. Natriumchlorid (Kochsalz) begünstigte im allgemeinen die Korrosion; insbesondere wurde Zinnblei stark angegriffen. Bei 1% Salz und 10% Abfallstoffen war die Korrosion in den meisten Fällen stark ausgeprägt.

7. Auch bei Versuchen, die eigens zu dem Zwecke unternommen wurden, die Erscheinungen zu verstärken, war eine örtliche galvanische Wirkung nicht wahrzunehmen. Es ist möglich, dass die Korrosion stellenweise auf die Potentialdifferenz zwischen benachbarten Orten zurückzuführen ist. Anderswo dürfte sie durch die Verhältnisse begünstigt werden; so kann an einer Stelle in beträchtlicher Menge Essigsäure vorhanden sein.

## VII. Korrosionsversuche bei Bruttemperatur.

Der grosse Zeitaufwand, der nötig war, um bei Zimmertemperatur einige — und dazu nicht einmal endgültige — Ergebnisse zu erhalten, führte die Verfasser dazu, sich nach anderen Methoden umzusehen. So wurde denn ein beschleunigtes Verfahren entwickelt, das in einer Woche stärkere Korrosionswirkungen hervorrief, als die bei Zimmertemperatur ausgeführten Versuche in 10 Monaten ergeben hatten.

*Versuchsanordnung.* Das Verfahren bestand einfach darin, dass man die Versuchsstücke mit verschiedenen Erdsorten, Salzen, organischen Substanzen usw. und einigen Tropfen Flüssigkeit in eine Flasche von 4 Unzen Inhalt verbrachte. Die Flasche wurde dann verpfropft und eine Woche lang in einen Brut-

apparat gestellt, der auf 37° Celsius gehalten wurde. Wenn die Flasche nur zu $^1/_3$ mit Erde gefüllt war, war eine grosse Menge Sauerstoff vorhanden, der eine rasche Korrosion bewirkte. Wenn man aber dafür sorgte, dass der Feuchtigkeitsgrad unverändert blieb, so war ein Schliessen der Flasche nicht nötig. Vergleichende Versuche haben gezeigt, dass zwischen den beiden Verfahren kein wahrnehmbarer Unterschied besteht. Unter diesen Umständen wurde das zweckmässigere Verfahren, bei dem die Flasche geschlossen wird, als Normalverfahren gewählt. Enthielt die Flasche keine Feuchtigkeit, so bedeckte sich das Blei mit einer dünnen, bläulichen oder schwarzen Oxydschicht. Wird das Bleistück dagegen in Wasser getaucht, so gerät es mit dem Sauerstoff der Luft, der für die Korrosion in den meisten Fällen notwendig ist, nur langsam in Berührung. Ist nur wenig Feuchtigkeit vorhanden, so scheint sie sich mit der Oxydschicht zu verbinden, was eine weitere Reaktion ermöglicht.

*Ergebnisse.* Schlamm, Asche, Sand und Lehm (Miami-Schlammlehm) rufen Korrosionserscheinungen hervor, die bei Schlamm am stärksten, bei Lehm am schwächsten sind (Fig. 6a, b, c und d). Starke Korrosionswirkungen scheinen namentlich die gelben Sandkörner auszuüben, die die bekannten katalytischen (auflösenden) Eigenschaften des Eisens hervorrufen. Es wurde daher untersucht, wie fein zerteiltes Eisenoxyd und frisch gefälltes Eisenhydroxyd auf Blei einwirken. Das erste brachte zwar einige Korrosionserscheinungen hervor, aber das zweite wirkte bedeutend stärker. Gipskristalle (Selenit), Calcitkristalle und Kalksplitter verursachten eine leichte Beschleunigung der Korrosion. Bemerkenswert war die Wirkung des Natriumchlorids, das grosse Büschel von Kristallen bildete (Fig. 7).

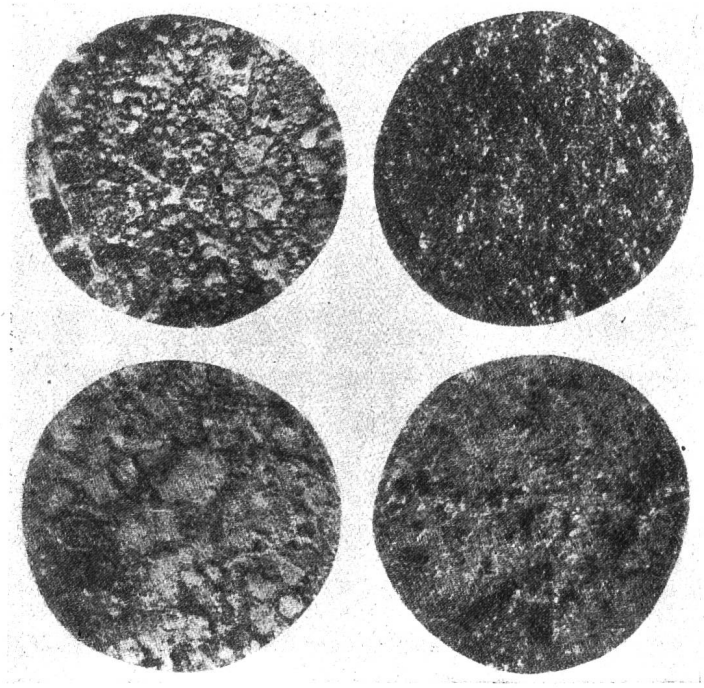

Fig. 6. Antimonblei in Berührung mit a) Schlamm, b) Asche, c) Sand, d) Lehm. Berührungsdauer eine Woche. Temperatur 37° C. Vergrösserung 35.

Natriumsaures Sulfit verhielt sich ungefähr wie Gips, während das nasse natriumsaure Sulfat eine charakteristische schwarzgraue Schutzschicht aus Schwefelsäure bildete.

Fig. 7. Feuchtes Natriumchlorid während einer Woche in Berührung mit Antimonblei. Temperatur 37° C. Vergrösserung 35.

Bei Zusatz von trockenem Blut oder Baumwollsamenmehl mit oder ohne Schwefel zeigte sich gewöhnlich ein glänzender schwarzer Niederschlag; dieser blätterte leicht ab, und dabei kam die reine Metalloberfläche zum Vorschein. In vielen Fällen entstanden gelbe Kristalle — vermutlich basisches Blei-Nitrit — die in den Figuren 8a, b und c dargestellt sind. Es wurde auch die Einwirkung einer grossen Zahl von Säuren untersucht. Die festen Säuren: Wein-, Oxal-, Harn-, Bernstein-, Gallus-, Phtal- und Benzoesäure verursachten auch in nassem Zustande im allgemeinen geringe Korrosionserscheinungen. Bei Anwendung von flüssigen organischen Säuren, wie Ameisen-, Essig-, Propion-, Milch- und Oelsäure, wurden mehr oder weniger grosse Mengen von gummiartigen Niederschlägen beobachtet, die oft dunkel gefärbt waren und den durch trockenes Blut verursachten Niederschlägen glichen (Fig. 9a, b und c). Aehnliche Ergebnisse wurden in den Töpfen erzielt, die Abfallstoffe enthielten. Der schwarze Niederschlag erwies sich als kohlendioxyd- und sulfidfrei. Er enthielt Blei und stellte wohl ein unreines basisches Bleisalz dar.

Wenn die Versuchsstücke nicht im Wasser liegen, so wird bei so hoher Temperatur die Korrosion durch Bildung eines Oxydes eingeleitet. Das Wasser verbindet sich mit dem Oxyd zu Hydroxyd, das auf andere vorhandene Substanzen einwirken kann, z. B. Kohlendioxyd und organische oder anorganische Säuren (Schwefelsäure bildet eine Sulfat-Schutzschicht). Wenn ein fester Körper, sagen wir ein Kalk- oder Gipsstück, mit Blei in Berührung steht, so bleibt infolge der Kapillarwirkung Wasser zwischen den beiden zurück. Dieses bildet vielleicht eine schwache Lösung, indem die festen Substanzen teilweise aufgelöst werden. Das entstehende Bleihydroxyd geht in die Lösung über und wirkt auf die gelösten Substanzen, wobei sich öfter Blei nieder-

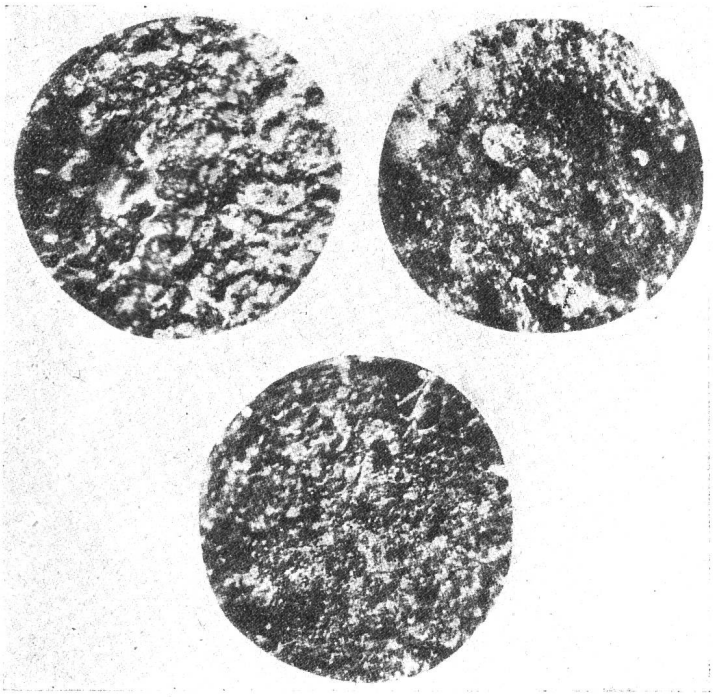

Fig. 8. Bleimuster, die bei 37° C eine Woche lang mit Sand und organischen Stoffen in Berührung standen. Vergrösserung 35. a) trockenes Blut, b) trockenes Blut mit Schwefel, c) Baumwollsamen-Mehl.

schlägt. Dies erklärt die Anhäufung von Korrosionsprodukten an Stellen, wo eine solche Berührung stattgefunden hatte.

*Schlussfolgerungen.* 1. Der stärkste Grad von Korrosion ergab sich, wenn einige Tropfen Flüssigkeit zugefügt wurden. Bei Anwendung des Trockenverfahrens dagegen bildete sich eine schützende Oxydschicht. Im Wasser war die Wirkung langsamer, da weniger Sauerstoff an die Oberfläche herangelangen konnte.

2. Zinnblei wurde am wenigsten angegriffen; Reinblei war im allgemeinen etwas widerstandsfähiger als Antimonblei.

3. Der Korrosionsgrad änderte mit der Menge der organischen Substanzen.

4. Der Korrosionsgrad nahm ab in der Reihenfolge: Schlamm, Asche, Sand, Lehm.

5. Das Hydrat des Eisenoxydes (Rost) förderte die Korrosion um ein geringes. Diese Wirkung ist katalytisch (auflösend).

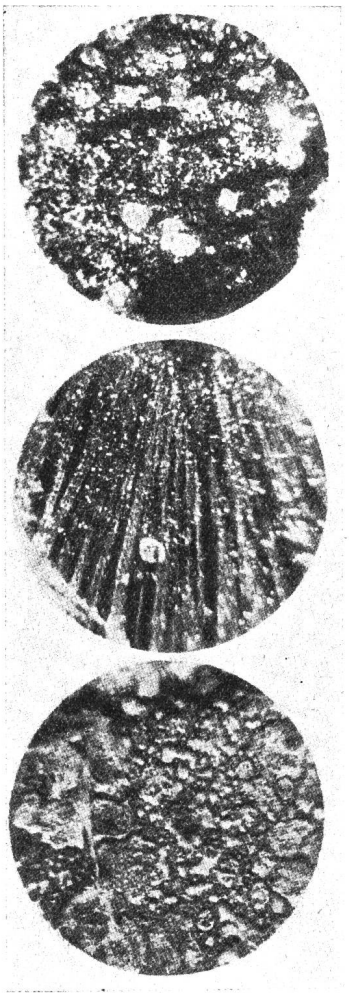

Fig. 9. Wirkung flüssiger organischer Säuren auf Blei bei 37° C während einer Woche. Vergrösserung 35. a) Ameisen-, b) Essig-, c) Propionsäure. Diese und ähnliche Säuren bilden sich öfters beim Zerfall organischer Stoffe. Bei allen Korrosionsprodukten ergaben die Versuche Essigsäure.

6. Kristalle wie Calcit, Gips und namentlich Natriumchlorid verstärkten die Korrosion, wenn sie mit Blei in Berührung kamen.

7. Die festen organischen Säuren wie Oxal-, Bernstein-, Benzoesäure usw. wirkten viel weniger korrosiv als die flüssigen: Ameisen-, Essig-, Propion-, Milch- und sogar Oelsäure.

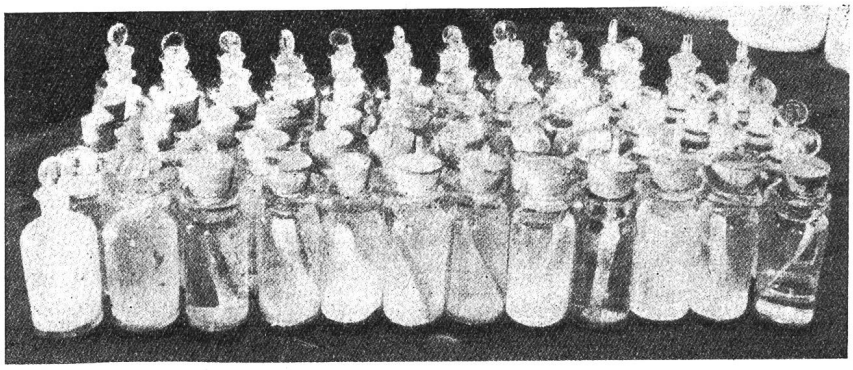

Fig. 10. Die korrosive Wirkung von sauren und alkalischen Lösungen auf Blei.

### VIII. Die korrosiven Wirkungen von sauren und alkalischen Lösungen auf Blei.

Gegenstand der Untersuchung bildete auch die korrosive Wirkung von wässerigen Lösungen der Salpeter- und Essigsäure und der Lösungen von Natrium- und Barium-Hydroxyd bei Zimmertemperatur. Auf diese Weise wurde die Korrosion des Bleies bestimmt mit Bezug auf den Anfangswert pH der Lösung. Unter pH versteht man die negative Fähigkeit der Wasserstoff-Ion-Konzentration. In reinem Wasser ist pH = 7. Zunehmende Säurekonzentration bewirkt eine Abnahme, zunehmende alkalische Konzentration eine Erhöhung dieses Wertes.

*Versuche.* Es wurden Plättchen hergestellt aus
chemisch reinem Blei,
Handelsblei,
Legierungen mit 0,5% Antimon,
Legierungen mit 3% Zinn.

Die Plättchen hatten etwa 20 cm² Oberfläche. Sie wurden gereinigt und in 4-Unzen-Flaschen getaucht, die vollständig mit Lösungen gefüllt waren. Bei dieser Anordnung konnten der Sauerstoff und das Kohlendioxyd der Luft ihre komplizierenden Wirkungen nicht ausüben. Die Lösungen bestanden aus 0,1 Normal (N) — Essig- und Salpetersäure und aus Natrium- und Bariumhydroxyd. (Schluss folgt.)

---

## Der schweizerische Telephontarif verglichen mit dem deutschen und englischen.

(Von Dr. M. Baur, Bern)

In der Presse werden immer wieder Stimmen laut, speziell aus Kreisen der Wirtschaft, die einer Herabsetzung der häufig als übersetzt bezeichneten Telephontaxen rufen. Zur Begründung wird nicht selten auf das Ausland hingewiesen, das günstigere Tarife besitze als wir. Es dürfte deshalb nicht ohne Interesse sein, einige Vergleiche anzustellen mit dem neuesten Tarif auf diesem Gebiet, nämlich mit dem am 1. Mai in Kraft getretenen deutschen Tarif.

Im Zusammenhang mit dem finanziellen Wiederaufbau Deutschlands ist die deutsche Reichspost auf den 1. April 1924 aus dem allgemeinen Reichshaushalt losgelöst worden, ohne jedoch die Eigenschaft einer vom Reichsfiskus verschiedenen juristischen Person zu erhalten. Damit hörten die Zuschussleistungen aus der Reichskasse auf und die Post musste hinfort ihren Haushalt aus eigenen Kräften im Gleichgewicht erhalten und ihre Tarife diesen Anforderungen anpassen. Die Verwaltung der Reichspost erfolgt durch den Reichspostminister unter Mitwirkung eines Verwaltungsrates. Dieser setzt sich zusammen aus je 10 Mitgliedern des Reichstags und des Reichsrates, 12 Vertretern von Wirtschaft und Verkehr, 7 Vertretern aus dem Postpersonal und 1 Vertreter des Finanzministeriums. Ein Vergleich mit dem deutschen Tarif erscheint um so wertvoller, als er nicht wie in den meisten andern Staaten durch die gesetzgebenden Behörden festgesetzt worden ist, sondern vom genannten Verwaltungsrat. Politische oder anderweitige Interessen oder Erwägungen dürften daher bei der Ausgestaltung des Tarifs nicht richtunggebend gewesen sein. Wie die Zusammensetzung des Verwaltungsrates ersehen lässt, haben immerhin Mitglieder der Legislative, ferner Vertreter von Handel, Wirtschaft und Verkehr in weitgehendem Masse bei den Beratungen mitgewirkt. Der Tarif ist ausschliesslich nach kaufmännischen und wirtschaftlichen Grundsätzen gebildet worden. Die Sätze sind so bemessen, dass die Gegenleistung des Abonnenten möglichst genau der jeweiligen Leistung der Verwaltung entspricht. Den

## Comparaison des tarifs téléphoniques suisse, allemand et anglais.

(Par le Dr. M. Baur, Berne).

La presse se fait de temps en temps l'écho de doléances émanant notamment des milieux économiques et demandant la réduction des taxes téléphoniques, qualifiées bien souvent d'exagérées. Pour motiver leur point de vue, les intéressés donnent volontiers en exemple l'étranger, où les tarifs seraient moins élevés. Il n'est donc pas oiseux d'établir une comparaison avec le tarif le plus récent dans ce domaine, soit le tarif allemand, entré en vigueur le 1er mai de cette année.

En même temps qu'elle rétablissait sa situation financière, l'Allemagne séparait l'administration des postes du ménage général de l'Empire, sans toutefois conférer à cette entreprise la qualité d'une personnalité civile différente de celle de l'administration fiscale. La caisse de l'Empire cessa dès lors de faire des avances; la poste se vit obligée d'entretenir son ménage par ses propres moyens et d'équilibrer son budget en établissant des tarifs appropriés. A la tête de l'administration postale allemande se trouve le Ministre des postes, secondé par un conseil d'administration composé de 10 membres du Reichstag, de 10 membres du conseil de l'Empire, de 12 représentants de l'industrie et du commerce, de 7 représentants du personnel et d'un représentant du Ministère des finances. Une comparaison entre le tarif suisse et le tarif allemand aura d'autant plus de valeur que ce dernier est établi par un conseil d'administration et non par les autorités législatives comme c'est le cas dans la plupart des autres pays. Il n'y a donc pas lieu d'admettre que des intérêts ou considérations d'ordre politique ou autre aient joué un rôle prépondérant dans la formation du tarif. Toutefois, la composition du conseil d'administration laisse entrevoir que des membres des pouvoirs législatifs et des représentants du commerce et de l'industrie ont pris une large part aux délibérations. Le tarif repose exclusivement sur des principes économiques et commerciaux. Les taux sont calculés de manière que les prestations des abonnés correspondent aussi exactement que possible à