

# Zeitschrift für angewandte Chemie

44. Jahrgang, S. 973—984

Inhaltsverzeichnis: Siehe Anzeigenteil S. 857

19. Dezember 1931, Nr. 51

## Chemische Probleme bei der Deutschen Reichspost\*).

Von Postrat Dr. OTTO HAEHNEL, Berlin-Lichterfelde.

(Eingeg. 21. September 1931.)

Wie in jedem technischen Betriebe, tauchen auch in dem weitverzweigten Geschäftsbereich der Deutschen Reichspost viele chemische Fragen auf, die, wenn ihre Bearbeitung auch nicht zu dem eigentlichen Tätigkeitsgebiet der Post- und Telegraphentechnik gehört, doch eingehend und wissenschaftlich untersucht werden müssen, weil sie von großem Einfluß auf die wirtschaftliche Gestaltung des Betriebes sind. Bereits im Jahre 1893 hielt es die Reichspostverwaltung für notwendig, einen promovierten Chemiker in Dienst zu stellen. Damals war dieser Chemiker mit der Lösung chemisch-technischer Aufgaben allein noch nicht voll beschäftigt, er fand noch Zeit, Unterricht an der für die Ausbildung der höheren technischen Beamten der DRP. eingerichteten Post- und Telegraphenschule zu erteilen. Heute sind die an die Reichspostbehörde herantretenden chemischen Fragen so zahlreich und umfangreich, daß zu ihrer Bewältigung ein größeres Laboratorium erforderlich ist, in dem außer drei akademisch gebildeten Chemikern noch acht weitere Kräfte tätig sind.

Die Tätigkeit des dem Reichspostzentralamt eingegliederten chemischen Laboratoriums der DRP. erstreckt sich über die folgenden drei Hauptarbeitsgebiete:

1. Laufende Materialprüfungen,
2. Ausführung von Entwicklungsarbeiten,
3. Untersuchung von besonders gearteten Kriminalfällen, wie Briefberaubungen, Scheckfälschungen und dergleichen.

Es ist klar, daß eine wirtschaftliche und vollkommene Ausnutzung der großen Mengen Hilfsstoffe, die die DRP. jährlich verbraucht, nur durch eine laufende, chemische Kontrolle gewährleistet wird. Um welche Materialmengen es sich hierbei handelt, soll nur an einigen wenigen Beispielen gezeigt werden. Zur Durchführung des Kraftfahrbetriebes hat die DRP. im letzten Jahre über 40 000 t Kraftstoff und über 1000 t Schmierstoffe verbraucht.

Den besten Überblick über den Umfang der auf dem Gebiete der Materialprüfung zu leistenden Arbeit gibt die nachstehende Zahlentafel, sie stellt eine Statistik aus dem Jahre 1928 dar. Die mit in die Zahlentafel aufgenommenen Beanstandungen lassen den Nutzen der laufenden Materialprüfungen deutlich erkennen.

Die Zahlentafel gibt auch Aufschluß über die mit dem wachsenden Betrieb der DRP. seit dem Jahre 1914 erfolgte Zunahme der chemischen Arbeiten.

Die Entwicklungsarbeiten treten nicht immer augenfällig hervor und bilden oft nur ein Glied in der Reihe anderer, hauptsächlich physikalischer und elektrotechnischer Arbeiten. Probleme der letzten 10 Jahre betreffen die Isolierpreßstoffe, den Kautschuk, die Gummiregenerate, die Schmier- und Isolieröle und die Korrosion der Metalle, insbesondere die der Bleimäntel von Fernsprechkabeln. Im Rahmen dieser Arbeit ist es nicht möglich, alle diese Untersuchungen und ihre Ergebnisse ausführlich darzulegen. Um jedoch zu zeigen, wie erfolgreich der Chemiker an der Fort-

Untersuchte Materialien	im Jahre 1913/14	im Jahre 1928	Bean- standun- gen 1928
Kraftstoffe	—	43	6
Schmieröle für Kraftwagen	50	447	24
Schmierfette für Kraftwagen	—	68	4
Holzimprägniermittel	8	52	7
Bleikabelmäntel	—	89	—
Kabelpapier	80	1 140	5
Gummiisolierungen	50	5	—
Kabelverguß- und Abbrühmassen	20	139	28
Rostschutzfarben u. Briefkasten- lacke	4	110	5
Leitungsdrähte ohne Umspinnung, verzinkter Eisendraht	8	79	—
Zement und Beton	—	9	—
Asphalt	—	61	1
Isolierlacke	—	29	2
Isolierpreßstoffe	—	28	11
Apparateile für Fernsprechan- lagen	—	220	39
Schmieröle und Schmierfette für Fernsprechapparate	—	37	15
Gegenstände des Amtsbedarfs	—	143	2
Werk- und Hilfsstoffe verschie- dener Art	16	468	37
	236	3 167	186

entwicklung der elektrischen Nachrichtentechnik mitgearbeitet hat, soll eines der genannten Arbeitsgebiete herausgegriffen und eingehend besprochen werden. Hierfür eignet sich besonders das **Kabelkorrosionsproblem**. Es ist sehr gründlich bearbeitet worden und kann heute für so gut wie abgeschlossen gelten.

Obwohl die unterirdische Linienführung von telegraphischen Verbindungen schon Anfang der 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts zur Einführung gelangt ist, sind Kabel mit Bleimantel erst sehr viel später verwendet worden. Die ersten Bleikabelverbindungen der DRP. stammen aus dem Jahre 1883. Die Kabel werden entweder unmittelbar in die Erde gebettet, sie heißen dann Erdkabel, oder sie werden in vorher eingebaute Kanäle eingezogen, die in gewissen Abständen durch gemauerte Kabelbrunnen zugänglich bleiben. In diesem Falle spricht man von Röhrenkabeln. In den ersten Jahren nach der Einführung der Fernsprechbleikabel wurden zum Bau der Kabelkanäle ausschließlich gußeiserne Vollrohre von 20 bis 50 cm lichter Weite verwendet, später ging man zu Einzelrohren über und fand dann im Aneinanderreihen von Formstücken aus Beton mit 1 bis 4 zylindrischen Öffnungen von 10 cm lichter Weite eine Bauweise, die sich sowohl für den Aufbau und die Erweiterung der Kanäle als auch für das Einziehen und Wiederherausziehen der Kabel als zweckmäßig erwiesen hat und von 1898 bis heute fast unverändert beibehalten worden ist. Versuche, auch Steinzeugröhren in Gebrauch zu nehmen, haben im Gegensatz zu den Erfahrungen anderer Länder im Bereiche der DRP. zu keinem Erfolge geführt.

Als Fernsprechkabel werden heute nur noch Bleimantelkabel verwendet, deren Adern mit Papier isoliert sind. Die Röhrenkabel behalten den nackten Bleimantel, während die Erdkabel über dem Bleimantel noch eine

\*) Vortrag im Bezirksverein Groß-Berlin und Mark am 22. Juni 1931.

Zwischenschicht aus Jutefäden und darüber noch eine Bewehrung aus eisernen Flachdrähten, die nochmals mit Jutefäden umkleidet werden, erhalten. Die Jutelagen sind mit Asphalt oder Compoundmasse durchtränkt. Bis zum Jahre 1921 sind in Deutschland fast ausschließlich die bisher erwähnten Erd- oder Röhrenkabel verlegt worden, von diesem Zeitpunkt an bedient man sich in zahlreichen Fällen auch der billigeren Luftkabel, die von derselben Bauart wie die Röhrenkabel, aber niedrigpaarig sind, d. h. nicht gar zu große Durchmesser aufweisen. Vor der Jahrhundertwende war die Verwendung von Fernsprechkabeln nur auf den Ortsfernsprechverkehr mit Entfernungen bis zu etwa 25 km beschränkt. Später konnten infolge der Vervollkommenung der Fernsprechtechnik auch Kabel für den Fernsprechweitverkehr verlegt und in Betrieb genommen werden. Heute ist nicht nur ganz Deutschland, sondern der größte Teil Europas mit einem weitverzweigten Fernsprechbleikabelnetz überzogen, das sogar durch verschiedene Meere hindurchgeht, so daß man z. B. bequem über Kabel von Rom nach Stockholm sprechen kann.

Das zuerst verlegte große Überlandfernsprechkabel ist das Rheinlandkabel mit einer Länge von rund 600 km. Es ist vor dem Kriege von Berlin bis Hannover verlegt, aber erst im Jahre 1921 bis Köln bzw. Düsseldorf fertiggestellt worden. Das Rheinlandkabel ist ein Röhrenkabel und liegt in einem Zementkanal. Mit einer einzigen Ausnahme sind alle später verlegten Überlandkabel nicht als Röhren- sondern als Erdkabel ausgebildet worden. Nur für das im Jahre 1923 dem Betrieb übergebene erste italienische Fernkabel Mailand-Turin-Genoa ist noch der Typ des Röhrenkabels gewählt worden. Der Kabelkanal besteht hier jedoch aus Steinzeugröhren bzw. Steinzeughalbröhren.

Den Bleimänteln der verlegten Kabel drohen nun von verschiedenen Seiten her mancherlei Gefahren. Ihre Ursachen zu ermitteln und Abwehrmaßnahmen ausfindig zu machen, ist der Zweck der vor schon 12 Jahren begonnenen, nunmehr zu besprechenden, langjährigen systematischen Untersuchung gewesen.

Sowohl die Erd- wie die Röhrenkabel werden verschiedentlich durch eine Korrosion ihres Bleimantels betriebsunbrauchbar. Man unterscheidet zwischen der Selbstkorrosion oder der rein chemischen Zerstörung des Bleimantels und der durch Fremdströme hervorgerufenen elektrolytischen Anfrassung.

Das Blei ist im Erdboden nicht das widerstandsfähige Metall, das man in ihm zu erblicken geneigt ist. In elektrolytfreien, trockenen Sandböden können blanke Bleikabel allerdings eine sehr lange Haltbarkeit aufweisen. In allen anderen Erdböden dagegen unterliegen sie in verhältnismäßig kurzer Zeit der Selbstkorrosion, weil hier nicht nur die zu einer chemischen Zersetzung des Bleis stets erforderlichen Agenzien, Sauerstoff und Feuchtigkeit, sondern auch immer noch sogenannte korrosive Stoffe vorhanden sind. Als solche sind, abgesehen von den Kolloiden, wie Kaolin-Gel, Aluminiumhydroxyd und Eisenhydroxyd, die infolge der Zähigkeit, mit der sie Wasser festhalten, die Korrosion begünstigen, zu nennen: Kalk, Chloride und Humus. Stoffe, welche der Erdboden von Natur aus nicht enthält, die ihm aber bisweilen beigelegt sind und die Bleikabelkorrosion sehr fördern, sind Koks, Asche und Schlacke. Diese Stoffe greifen das Blei bei Gegenwart von Luft und Feuchtigkeit in der genannten Reihenfolge ziemlich stark an. Zu den schädlichen Stoffen, welche mit den Mänteln von Bleikabeln hin und wieder in Berührung gelangen, gehören dann noch die ungereinigten Produkte der Steinkohlen- und Braunkohlendestillation. Diese Stoffe sind früher viel zur Im-

prägnierung des zwischen Bleimantel und Eisendrahtarmierung der bewehrten Kabel liegenden Jutepolsters verwendet worden. Seitdem ihre schädliche Wirkung erkannt ist, sind sie nunmehr vom Gebrauch ausgeschlossen.

Wie gering die Lebensdauer eines ungeschützten, d. h. blanken Bleikabels in einem als gefährlich zu bezeichnenden Boden sein kann, soll ein Beispiel zeigen. In einem Mergelboden mit 45% Kalkgehalt ist ein unbewehrtes, zweipaariges Bleikabel von 0,85 cm äußerem Durchmesser und 1 mm Mantelstärke bereits im Verlaufe von eindreiviertel Jahren betriebsunbrauchbar geworden<sup>1)</sup>.

Nicht nur ein kalkiger Erdboden ist für blanke Bleikabel sehr schädlich, sondern auch nasser Kalkputz an den Häuserwänden. Feuchte Betonkanäle können auch gefährlich werden, besonders dann, wenn der verwendete Zement nicht einwandfrei gewesen ist oder nur eine ungenügende Abbindung erfahren hat. Für die Gefährlichkeit des feuchten Mauerputzes gibt der folgende Fall ein deutliches Beispiel. Der Bleimantel eines 2 cm im Durchmesser messenden, unbewehrten Bleikabels, das an der Außenmauer eines Hauses befestigt gewesen ist, ist im Verlaufe von 4 Jahren völlig, und zwar unter Bildung von gelbem Bleioxyd und geringen Mengen basischen Bleicarbonats zerfressen worden. Die Korrosion ist nur dort vor sich gegangen, wo das Blei in unmittelbarer Berührung mit der Mauerwand gewesen ist. Weiter, der nackte Mantel des Rheinlandkabels ist in der Gegend von Abbenrode, wo der Zementkanal früher sehr unter Wasserzudrang zu leiden gehabt hat, im Verlaufe von 5½ Jahren unter Bildung von basischem Bleicarbonat durchkorrodiert worden. Daß die ungereinigten Produkte der Teerdestillation auf Blei sehr korrosiv einwirken und solche Massen jetzt mit Recht von der Verwendung zur Tränkung des Jutepolsters ausgeschlossen werden, soll ebenfalls durch ein Beispiel belegt werden. Ein in einem als völlig harmlos anzusprechenden Erdboden gelegenes, bewehrtes Kabel hat unter dem Einfluß der schlechten Imprägniermasse des Jutepolsters seine Betriebsfähigkeit im Verlaufe von 10 Jahren eingebüßt.

Auch die stets mit einer starken Armierung versehenen Seefernsprechkabel sind einer Korrosionsgefahr ausgesetzt; im allgemeinen sind sie jedoch weniger gefährdet als die Landkabel, weshalb hier nicht weiter darauf eingegangen werden soll.

Der praktische Wert dieser bisher besprochenen Untersuchungen ist einleuchtend. So weisen sie den richtigen Weg, wenn aus Ersparnisgründen an Stelle der bewehrten Erdkabel die sich um etwa 15% billiger stellenden Kabel ohne Stahldrahtarmierung verlegt werden sollen.

Sehr wichtig ist die Feststellung, daß bei der chemischen Korrosion des Bleis in der Erde, an Mauerwänden oder in Betonkanälen als Korrosionsprodukte immer nur Bleicarbonat, basisches Bleicarbonat, Bleioxyd oder Hydroxyd gebildet werden. Dank dieser Erkenntnis sind wir heute in der Lage, die chemische Korrosion der Bleikabel von der nunmehr zu besprechenden Fremdstromkorrosion einwandfrei zu unterscheiden.

Die Korrosion von Kabeln durch Fremdströme kommt dadurch zustande, daß im Erdboden herum-schweifende, vagabundierende Ströme an irgendeiner Stelle in den Mantel eines Kabels eintreten, diesen dann eine Strecke lang als Leiter benutzen und an anderer Stelle wieder verlassen, um in das Erdreich zurückzukehren.

Die Herkunft solcher Ströme kann sehr verschieden sein. Erstens treten gefährliche Erdströme bei Isolations-

<sup>1)</sup> Elektr. Nachr.-Technik 5, 171 [1928].

fehlern an Starkstromkabeln auf. Eine zweite Ursache für das Zustandekommen vagabundierender Ströme bilden die unisolierten Schienen der Gleichstrombahnen, in denen der Netzstrom zum Kraftwerk zurückfließt. Eine dritte Art von Erdströmen bilden die Telegraphierströme, und als vierte Art werden in der Fachliteratur endlich auch Erdausgleichströme genannt, deren Entstehung der Sonne als der Urheberin magnetischer Variationen zugeschrieben wird.

Wie hier ausgeführte Versuche ergeben haben, erfolgt die Korrosion durch Fremdströme nur dort, wo die vagabundierenden Ströme den bleiernen Kabelmantel verlassen, nicht dort, wo sie in ihn eintreten, d. h. es findet nur eine anodische, keine kathodische Korrosion statt.

Die Frage, ob eine vorliegende Korrosion durch Fremdströme hervorgerufen worden ist, oder ob eine Selbstkorrosion vorliegt, läßt sich, wie die Untersuchungen ergeben haben, durch die elektrische Meßmethode allein einwandfrei nicht entscheiden. Von großer praktischer Bedeutung ist es daher, daß es mit Hilfe der chemischen Untersuchungen gelungen ist, für die elektrische Korrosion unzweideutige, charakteristische Merkmale ausfindig zu machen. Während, wie oben angegeben, bei der Selbstkorrosion der im Erdboden liegenden Bleikabel als Korrosionsprodukt Bleicarbonat, basisches Carbonat, Oxyd oder Hydroxyd entsteht, wird bei der durch Fremdströme hervorgerufenen Elektrolyse Bleichlorid, Bleisulfat, Bleinitrat oder auch Bleisuperoxyd gebildet. In erster Linie ist das Vorkommen von Bleichlorid<sup>2)</sup> als charakteristisch anzusehen. Dieses hat sich in allen beim Reichspostzentralamt bekanntgewordenen Fällen gebildet, wenn es auch hin und wieder nicht ausschließlich das Korrosionsprodukt darstellte. Die Bildung von Bleichlorid ist insofern bemerkenswert, als der Erdboden sowohl wie auch ein Betonkanal nur sehr geringe Mengen Chlorionen enthält und diese nicht imstande sind, den Bleimantel rein chemisch unter Bildung von Bleichlorid anzugreifen. Im Erdboden finden sich, von Ausnahmefällen abgesehen, höchstens 0,04% lösliche Chloride und im Beton der Kabelformstücke noch erheblich weniger.

Ein sehr lehrreicher Fall der Korrosion eines Bleikabels durch Fremdströme ist vor mehreren Jahren hier<sup>3)</sup> ausführlich behandelt worden. Es handelte sich um ein bewehrtes Bleikabel von 4 cm äußerem Durchmesser und 3 mm Wandstärke. Der Kabelmantel ist im Verlaufe von 23 Jahren auf einer Länge von 133 m durch die der benachbarten Straßenbahn entstammenden Fremdströme völlig und ganz gleichmäßig korrodiert worden. Obwohl er beinahe völlig in Bleichlorid umgewandelt worden ist, hat er seine äußere Form kaum verändert. Der Boden, in dem sich das Kabel befunden hat, bestand aus Kies bzw. feinem Geröll, mit einem in Salzsäure löslichen Anteil von nur 1,6% (kohlen-saurer Kalk). Chloride waren darin nur in einer Höhe von 0,01% und Sulfate nicht mehr als 0,02% vorhanden.

Die Feststellung, daß Bleichlorid ein charakteristisches Merkmal der Korrosion durch vagabundierende Ströme ist, hat zu weitgehenden neuen Erkenntnissen geführt. Es ist bereits erwähnt worden, daß der Nachweis elektrischer Ströme im oder am Kabelmantel nur ein unsicherer Beweis für die Korrosion durch Fremdströme ist. Umgekehrt kann aus dem Fehlen solcher Ströme zur Zeit der Messung nicht geschlossen werden, daß keine elektrische Korrosion vorliegt. Früher ist ein Kabelbleimantel als durch Fremdströme gefährdet angesehen worden, wenn die Dichte des aus ihm austreten-

den Stromes größer war als 0,25 mA/dm<sup>2</sup>. Beim Eisen, das von vagabundierenden Strömen weniger leicht angegriffen wird als Blei, setzte man die gefährliche Grenze für die Stromdichte bei 0,75 mA/dm<sup>2</sup> fest. Die hier ausgeführten Untersuchungen haben ergeben, daß der Nachweis von Rohrströmen im Kabelmantel sowie die Feststellung von aus dem Kabelmantel austretenden Strömen als alleiniger Beweis für das Vorliegen einer elektrischen Korrosion nur gelten kann, wenn die erhaltenen Werte groß sind. (Rohrstrom mindestens 100 mA und austretende Stromdichte mehrere mA/dm<sup>2</sup>.) Auch bei der chemischen Zersetzung eines bleiernen Kabelmantels treten nämlich elektrische Ströme auf, und zwar als Begleiterscheinung der chemischen Reaktion. Die in diesem Falle festzustellenden Stromwerte bleiben jedoch unterhalb der oben angegebenen Grenze, und die angegriffenen Stellen des Kabelmantels bilden nicht, wie bei der elektrolytischen Korrosion, die Austrittsstellen, sondern die Eintrittsstellen der elektrischen, in diesem Falle galvanischen Ströme.

Die chemische Methode zur Untersuchung der beiden besprochenen Arten von Bleikorrosionen hat die irrige Ansicht beseitigt, daß man aus dem Aussehen eines korrodierten Kabels auf die Ursache der Korrosion schließen könne. Löcher, Grübchen und Vertiefungen, besonders die kraterförmigen, sollten charakteristisch für den Angriff durch vagabundierende Ströme sein, ein mehr gleichmäßig erfolgter Angriff dagegen für die chemische Zersetzung. Aus den im Reichspostzentralamt ausgeführten Untersuchungen wissen wir, daß in beiden Fällen sowohl Lochfraß wie eine gleichmäßige Anfressung vorkommen können.

Durch die chemische Behandlung der Korrosionserscheinungen hat sich dann noch die sehr wichtige Frage entscheiden lassen, wie weit praktisch der Einfluß der vagabundierenden Ströme reicht. Hierüber bestanden große Meinungsverschiedenheiten. Während in England angenommen worden ist, daß der Einfluß solcher Ströme sich nur etwas über 2 m weit erstreckt, und die Schweizerische Kommission für Korrosionsfragen ein Kabel erst für gesichert hält, wenn es mindestens 200 m weit von den Straßenbahnschienen entfernt liegt, ist in Deutschland die Ansicht geäußert worden, daß sich der Einfluß der vagabundierenden Ströme sogar kilometerweit erstreckt. Die hier ausgeführten chemischen Untersuchungen haben gezeigt, daß die Gefahrenzone etwa bis zu einer Entfernung von 100 m reicht. Voraussetzung ist hierbei allerdings, daß das Straßenbahnschienennetz, dem die vagabundierenden Ströme entstammen, mit Bezug auf Leitfähigkeit den zurzeit geltenden Vorschriften genügt. Nach diesen Vorschriften soll im inneren Schienennetz und innerhalb eines anschließenden Gürtels von 2 km Breite bei mittlerem fahrplanmäßigen Betrieb der Anlage die sich rechnerisch ergebende Spannung zwischen zwei beliebigen Schienenpunkten 2,5 Volt nicht überschreiten. Unter den gleichen Bedingungen soll jenseits des Gürtels auf den auslaufenden Strecken das größte Spannungsgefälle nicht mehr als 1 Volt pro Kilometer betragen.

Außer den beiden besprochenen Korrosionsarten treten nun an Bleikabeln auch noch andere, mit dem Gebrauch des Werkstoffes nicht notwendig verknüpfte Beschädigungen auf. Man kann sie, weil mit dem Begriff der Korrosion die Bildung chemischer Zersetzungsprodukte verbunden ist, zwar nicht als Korrosionen bezeichnen, aber man stellt sie diesen zweckmäßigerweise unmittelbar an die Seite. Diese Art der Bleimantelbeschädigung beruht auf der interkristallinen Brüchigkeit des Bleis.

<sup>2)</sup> Vgl. Medinger, „Kabelkorrosion durch Wanderströme“, diese Ztschr. 44, 550 [1931].

<sup>3)</sup> Elektr. Nachr.-Technik 2, 330 [1925].

Wird Blei heftigen Erschütterungen (Vibrationen) ausgesetzt, so erleidet es in seinem Gefüge ziemlich schnell eine Veränderung. Es bekommt Risse und wird brüchig. Die der interkristallinen Brüchigkeit verfallenen Kabelbleimäntel zeigen im Anfangsstadium die Risse nur auf der Innenseite, bei fortschreitender Zerstörung durchsetzen sie den Bleimantel in seiner ganzen Stärke und erreichen eine Breite von 1 mm und darüber. Von der interkristallinen Brüchigkeit werden in der Praxis solche Bleikabel getroffen, welche auf stark befahrenen Eisenbahnbrücken, in Bahnkörpern nahe den Schienen oder in der Fahrbahn viel benutzter Straßen verlegt sind. Ganz besonders sind der Gefahr des Brüchigwerdens dann auch die Luftkabel ausgesetzt.

Die systematische Bearbeitung dieses Problems hat das praktisch wichtige Ergebnis gezeitigt, daß Blei mit einem Zusatz von 1% Antimon oder 3% Zinn der interkristallinen Brüchigkeit sehr viel schwerer unterliegt als reines Blei. In dem Antimon- oder Zinnzusatz besitzt die Technik also ein wirksames Abwehrmittel gegen das Brüchigwerden der Kabelbleimäntel. Bei sehr heftigen und lang andauernden Erschütterungen werden allerdings auch die zinnhaltigen Kabelmäntel brüchig, aber in sehr viel geringerem Maße als diejenigen aus technisch reinem Blei. Bei Erschütterungen, wie sie auf Eisenbahnbrücken herrschen, zeigt ein 3% Sn enthaltender Kabelbleimantel eine 7–10mal so große Lebensdauer wie ein Kabelmantel aus technisch reinem Blei<sup>4)</sup>.

Um einen tieferen Einblick in die auf den ersten Blick überraschende Tatsache des schnellen Brüchigwerdens des Bleis infolge von Erschütterungen zu gewinnen, sind umfangreiche metallographische Studien ausgeführt worden. Dabei hat sich ergeben, daß die Disglomeration (Brüchigwerden) des Bleis nicht immer, wie früher vermutet worden ist, mit einer Kornvergrößerung des Gefüges verbunden ist. Grobkristallinische oder grobkristallinisch gewordene Kabelbleimäntel unterliegen allerdings im Falle von Erschütterungen dem Brüchigwerden schneller als feinkristallinische. Aber auch die letzteren können brüchig werden. Die entstehenden Risse folgen den Korngrenzen.

Von allgemeinerem Interesse sind die folgenden Feststellungen. Die aus der Kabelbleipresse ausgestoßenen, rund 3 mm starken Kabelmäntel sind von ganz erheblich feinerem Gefüge als gegossene gleich starke Bleiplatten. Während die Kabelmäntel aus unlegiertem Blei eine mittlere Korngröße von 0,25 bis 0,3 aufweisen, sind an 3 mm starken und gegossenen Platten aus unlegiertem Blei Kristallite von durchschnittlich 8 mm Dmr. festgestellt worden. Zuschläge von Zinn, Antimon, Wismut, Kupfer usw., das sind die Metalle, die in der Bleikabeltechnik eine wichtige Rolle spielen, beeinflussen die Korngröße in verschiedener Weise. Ein Zinnzusatz bis 2 und 3% setzt im gegossenen Blei die Korngröße nur unwesentlich herab. Ein Wismutgehalt von 1% bewirkt dagegen eine Kornverkleinerung um etwa zwei Drittel, ein Antimongehalt von 1% um drei Viertel und ein Kupfergehalt von nur 0,1% um sieben Achtel. Auch unter den gepreßten Bleiprobeen weist das unlegierte Blei die größten Kristallite auf. Der Zinnzusatz bewirkt auch hier wie beim gegossenen Blei keine nennenswerte Kornverkleinerung. Das 1% Antimon enthaltende, gepreßte Blei ist dagegen sehr viel feinkörniger, sein mittlerer Korndurchmesser beträgt nur etwa 0,03 mm. Der Antimonzusatz von 1% führt also im gepreßten Blei zu einer erheblich stärkeren Kornverkleinerung als im gegossenen Blei. Im ersteren Falle beträgt diese drei Viertel, im letzteren Falle neun Zehntel.

<sup>4)</sup> Ztschr. Metallkunde 19, 492 [1927].

Beim Glühen oder Erhitzen eines Metalles wachsen bekanntlich die größeren Kristallite auf Kosten ihrer kleineren Nachbarn an, indem sie sich die kleineren einverleiben (Sammelkristallisation). Beim Blei tritt dieser Vorgang schon bei ziemlich niedriger Temperatur ein. Oberhalb von 40° verläuft hier die Sammelkristallisation schon so schnell, daß die Kornvergrößerung bereits nach wenigen Jahren erkannt werden kann. An zahlreichen Kabelmänteln kommen Erwärmungen über 40° ziemlich oft vor, so an den Mänteln von Luftkabeln und solcher Kabel, die an den Außenwänden von Häusern, auf Brücken od. dgl. verlegt sind. Wie beträchtlich in solchen Fällen die Sammelkristallisation sein kann, zeigt der Befund an einem Kabel, das an einem Hause befestigt und nur vier Jahre in Gebrauch gewesen ist. An der der Sonne zugekehrten Seite sind in den vier Jahren die Kristallite um das Zehnfache gewachsen, während sie an der der Wand zugekehrten, also der Sonne abgekehrten, Seite ihre ursprüngliche Größe von 0,3 mm behalten haben.

Auch allein infolge von Erschütterungen werden bleierne Kabelmäntel bei gewöhnlicher Temperatur zur Sammelkristallisation gebracht. Allerdings verläuft der Vorgang in diesem Falle erheblich langsamer als im Falle der Erwärmung.

Die Mäntel im Gebrauch befindlicher Kabel, die sowohl stark erwärmt — infolge der direkten Bestrahlung durch die Sonne — wie auch des öfteren Erschütterungen ausgesetzt gewesen sind, haben, soweit es sich um unlegiertes Blei handelt, schon nach 1 bis 1½ Jahren Kristallite des Zehn- bis Zwölffachen ihrer ursprünglichen Größe erkennen lassen.

Interessant und von großer technischer Bedeutung ist dann schließlich noch die Feststellung, daß sowohl ein Zinnzusatz (3%) wie auch ein Antimonzusatz von 1% sehr stark verzögernd auf den Verlauf der Sammelkristallisation im gepreßten Blei einwirkt. Dieselbe günstige Wirkung übt auch ein Kupfergehalt von nur 0,1% aus. Wie schädlich sich die Kornvergrößerung infolge der Einwirkung höherer Wärmegrade in Verbindung mit Erschütterungen in der Praxis auswirken kann, zeigt der Fall eines in die Tropen beförderten, mit einem Mantel aus unlegiertem Blei versehenen Kabels. Noch ehe das Kabel zur Verlegung gelangte, war der Bleimantel durch und durch brüchig geworden. Die hohe Erwärmung und die starke Erschütterung während des Transportes hatten genügt, um die Bleikristallite auf das 15- bis 20fache ihrer ursprünglichen Größe anwachsen zu lassen und den Bleimantel völlig unbrauchbar zu machen<sup>5)</sup>.

Im vorstehenden ist eine zusammenfassende Darstellung der an Fernsprechkabeln auftretenden Schäden und die Ursache ihrer Entstehung gegeben worden, mit Hinweisen auf die entsprechenden Schutzmaßnahmen. Dieses Thema ausführlicher zu behandeln, wäre im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich gewesen, ebenso wenig wie die Besprechung auch nur noch eines der eingangs erwähnten zahlreichen anderen chemischen Probleme, deren Bearbeitung für die Deutsche Reichspost von Bedeutung ist. Ganz übergangen werden mußten auch die Arbeiten, die sich mit den eingangs erwähnten kriminellen Dingen beschäftigen. Das, was der Vortrag bezwecken sollte, dürfte jedoch auf jeden Fall erreicht sein. Er sollte zeigen, daß auch in dem scheinbar mit der Chemie in gar keiner Beziehung stehenden Post- und Telegraphenbetriebe chemische Fragen eine sehr wichtige Rolle spielen und die Mitarbeit des Chemikers auch hier, wie so oft anderwärts, gesucht und geschätzt ist.

[A. 168.]

<sup>5)</sup> Elektr. Nachr.-Technik 8, 77 [1931].