Das Rosten des Eisens.

Studien und Untersuchungen von Dipl.-Ing. P. MEDINGER.

Kapitel V.

Das Rosten der Wasser- und Gasleitungen unter dem Einfluß der Wanderströme.

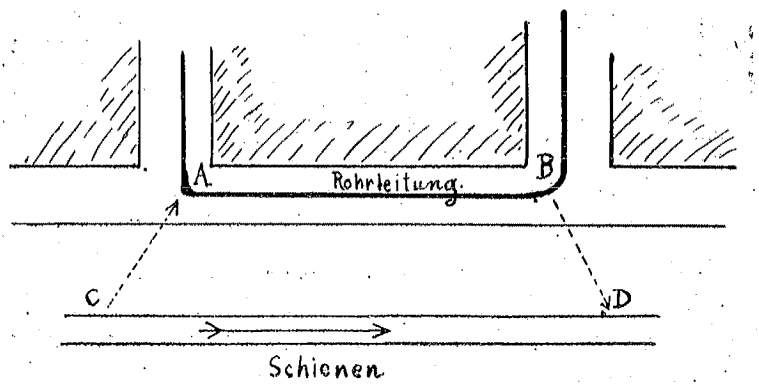
In demselben Sinne wie die unter dem Einfluß der Potentialdifferenzen von Stellen verschiedenen Lösungsdruckes entstehenden winzig schwachen Lokalelemente wirken natürlich auch, nur in der Regel in bedeutend stärkerem Maaße, die von außen auf die Rohre einwirkenden sogenannten vagabondierenden Ströme oder Wanderströme. Dieser neue Faktor machte sich immer mehr bemerklich mit dem wachsenden Verbrauch an Starkstrom, mit dem Verlegen der Starkstromleitungen in die Erde, und vor allem mit der Einführung der elektrischen Trambahnen mit Rückleitung des Stromes durch die Schienen. Anlaß zur Entstehung von Wanderströmen geben Undichtheiten der Kabelleitungen, besonders häufig Berührung der Wasser- und Gasleitungen mit der Starkstromleitung in den Wohnungen. Nicht daß eine direkt metallische Berührung notwendig wäre, denn diese würde sich meist, z. B. bei Dreileitersystem mit blankem Mittelleiter, sofort recht deutlich in anderer Weise bemerkbar machen. Es handelt sich hier vielmehr um sogenannten «schleichenden Kurzschluß», hervorgerufen durch Isolationsdefekte.

In den meisten Fällen aber gehen diese vagabondierenden Ströme von den Schienen der elektrischen Bahnen aus, und an diesem Beispiel wollen wir ihr Entstehen und ihre Wirkung auf die Leitungsröhren näher erläuteren. Der elektrische Tramwagen erhält den Strom aus der Dynamomaschine durch die oberirdische Zuleitung und gibt ihn über die Räder durch die Schienen als Rückleiter an die Dynamo zurück. Der den Schienenstrang durchfließende Strom benutzt als Leitung nicht nur diesen, sondern auch das anliegende feuchte Erdreich und darin enthaltene metallische Leiter, mit besonderer Vorliebe aber naheliegende Wasser- und Gasleitungsröhren. Und dieses Abweichen von der normalen Bahn findet umsoeher und umso energischer statt, wenn sich an den Schienenstößen infolge mangelhaft metallischer Verbindung Uebergangswiderstände zeigen. Den Elektrizitätsmenschen könnte diese Beihilfe zur Leitung ja ganz recht sein, den Gas- und Wassermännern ist sie es aber gar nicht, und zwar aus folgendem Grunde:

Der in die Leitungsröhren an einer Stelle eintretende Strom muß sie an einer andern Stelle wieder verlassen, da er ja schließ-

lich zum Generator zurückfließen muß. An der Stelle, wo der Strom in das Rohr eintritt, ist dieses Kathode und kann nicht angegriffen werden, da sich auf ihm die Kationen, Wasserstoff und Metalle niederschlagen, resp. entladen. An der Stelle jedoch, wo der Strom das Rohr verläßt, ist dieses Anode und wird durch die sich hier entladenen sehr aktiven Anionen und ihre sekundär entstehenden Produkte (Sauerstoff, Chlor, Schwefelsäure etc.) sehr rasch zerfressen, und schließlich durchlöchert. Das weitere kann sich der Leser nach Art. Wilke (Die Elektrizität in Industrie und Gewerbe) leicht ausmalen: «Der elektrochemische Vorgang am Wasserleitungsrohr ruft einen moralischen beim Wasserleitungsdirektor hervor, und bald treten als notwendige Folgeerscheinungen Advokat und Richter auf.»

Es ist hierbei gar nicht erforderlich, daß sich die betreffenden Rohrleitungen in unmittelbarer Nähe des Schienenstranges befinden, auch in bisweilen sehr großen Entfernungen zeigen sich diese unliebsamen Erscheinungen. In diesem Falle finden sich die Korrosionen besonders häufig an Straßenecken, wie dies aus Fig. 1



leicht ersichtlich ist. Es geht hieraus auch ohne weiteres hervor, daß die durch den Starkstrom entstehenden Wanderströme nicht notwendigerweise sehr stark sein müssen, da sie unter Umständen außerordentlich hohe Widerstände zu überwinden haben. Auch ihre Spannung wird in den meisten Fällen sehr gering sein, da es sich dabei fast stets um einen auf einen kleinen Widerstand paralell geschalteten Stromkreis von sehr hohem Widerstand handelt. So ist es erklärlich, daß die Wanderströme an Intensität und Wirkung die im vorigen Kapitel beschriebenen schwachen Lokalströme in manchen Fällen kaum übertreffen. So ist z. B. die dort eingehend behandelte Spongiose des Gußeisens in vielen Fällen auf diese Einwirkung sehr schwacher Wanderströme zurückzuführen gewesen. Die Frage, ob es sich in solchen Fällen

um Wanderströme handelt oder nicht, wird sich meist in einfachster Weise dadurch entscheiden lassen, daß man ein Telephon zwischen das Rohr und eine in das Erdreich in einiger Entfernung eingetriebene Eisenstange schaltet. Wenn das Rohr von vagabondierendem Starkstrom durchflossen ist, wird man dann in der Telephonkapsel sehr deutlich das Summen der Generatoren, der Umformer oder der Motoren vernehmen.

Wenn sonst die Bedingungen für das Entstehen von Wanderströmen gegeben sind, so finden sich die Ein- und Austrittsstellen des Stromes, und also auch die Korrosionen meist an den Stellen des Rohres, wo dessen Schutzschicht verletzt war. Die Leitungsröhren werden ja, wie in dem vorigen Kapitel erwähnt, zum Schutze gegen das Rosten meist mit einer Teer- oder Asphaltschicht überzogen, oft auch mit Teerband umwickelt. Dadurch sind sie aber auch mehr oder weniger vollkommen gegen das Erdreich elektrisch isoliert, und es ist klar. daß der Strom vor allem an den Stellen aus dem Rohr austreten wird, wo diese, wenn auch schwache Isolationsschicht unterbrochen ist.

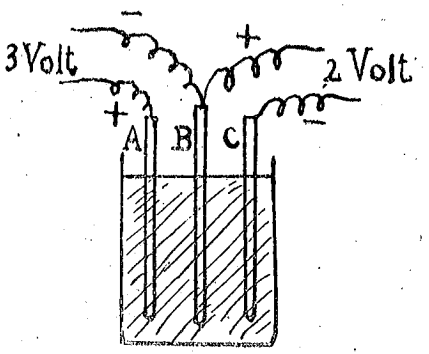
Wegen dieser schädlichen Wirkungen der Wanderströme, besonders aber wegen der oben erwähnten weiteren moralischen, finanziellen u. a. Folgen haben sich die elektrischen Bahnmenschen bei Zeiten nach Mitteln umgesehen, um diesen gefährlichen Vagabunden das Handwerk zu legen. Und das ist in nahezu vollkommener Weise dadurch gelungen, daß man die Schienenenden außer der bekannten Verschraubung noch mit dicken Kupferbändern unter einander elektrisch leitend verbindet. Auf diese Weise werden Uebergangswiderstände vermieden, und es besteht für den elektrischen Strom gar kein Grund seinen an sich guten Leiter zu verlassen und in die Ferne zu schweifen. Und doch scheint auch diese Maßregel nicht in allen Fällen genügenden Schutz der Rohrleitungen zu gewähren. So hat man sich schließlich in Karlsruhe z. B. gezwungen gesehen sich nach einem andern Schutzmittel umzusehen.[1]) Man sucht dort das Rohrnetz dadurch weiter gegen Korrosionen zu schützen, daß man einen den vagabondierenden Strömen entgegenarbeitenden Hilfsstrom in die Rohrleitung sendet. Es geschieht dieses durch Eisenelektroden, die unter einander leitend verbunden, in größeren Abständen von einander in geringer Entfernung der Rohrleitung in die Erde versenkt sind, und durch die ein Strom von 10 Volt Spannung gegen das Rohr (letzteres ist also Kathode) geleitet wird. (Fig. II.) Die Gesamtintensität dieses Hilfsstromes beträgt ca. 11 Ampère. Er wird zugleich mit dem Arbeitsstrom der Straßenbahn aus- und eingeschaltet. In ähnlicher Weise wandte

auch Cumberland[2]) einen schwachen Gegenstrom an, um das innere von Dampfkesseln gegen Rost zu schützen. Er hing in den Kessel einen Eisentab als Anode, durch den er in das Kessel-



wasser einen elektrischen Strom von 4 bis 8 Volt und 1 bis 2 Ampère leitete, der dann durch die als Kathode fungierenden Kesselwände abgeleitet wurde. Der Erfolg soll bei Schiffskesseln ein vollkommener gewesen sein, was nach dem folgenden von mir angestellten Versuch sehr wohl glaublich erscheint.

In Leitungswasser tauchten drei Eisenstäbe A, B und C. (Fig. III.) Zwischen A und B wurde eine Spannung von drei



Volt angelegt, wobei A der positive und B der negative Pol war. Zwischen B und C wurde ein Strom von 2 Volt Spannung geschaltet. Hier war B der positive, C der negative Pol. Unter dem Einfluß dieses zweiten Stromes mußte B stark rosten, während der erste Strom von stärkerer Spannung B vor dem Rosten schützen sollte. Und dies war in der Tat der Fall, denn nach 48 Stunden hatten die drei Stäbe nach Reinigung an Gewicht verloren:

A——— 327 mgr.
B——— 0 mgr.
C——— 0 mgr.

B und C waren mit einer dünnen Kalkschicht bedeckt.

[1]) Journal für Gasbeleuchtung. 1910.
[2]) G. Harker u. Mc. Namara. Journ. Soc. chem. Ind. 29 p. 1286.

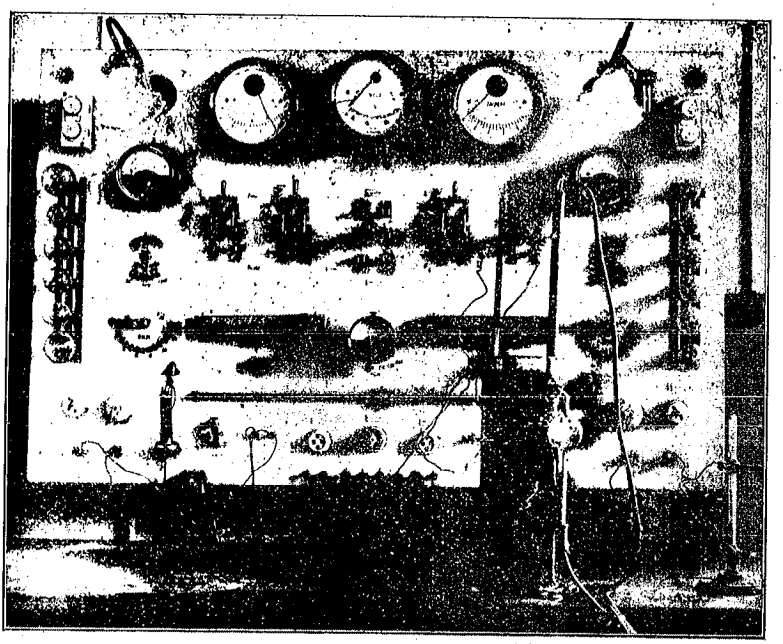
Im Sommer 1909 wurde ich mit der Untersuchung eines Falles schwerer Zerstörung relativ neuer Gas- und Wasserleitungsröhren betraut, den ich, da er in mancher Hinsicht interessant ist, hier eingehender beschreiben will.

Bei trockenem Wetter sickerte beständig Wasser in den kleinen Tunnel am Verlorenkost, was auf eine Undichtheit der über den Tunnel führenden Wasserleitung schließen ließ. Beim Nachgraben fanden sich denn auch die erst einige Jahre vorher verlegten Gas- und Wasserleitungsröhren an zahllosen Stellen stark angefressen und vielfach durchlöchert. Daß hier ganz außergewöhnliche Umstände mitgewirkt haben mußten, lag auf der Hand. Eine chemische Untersuchung des umgebenden Erdbodens ergab nichts besonders. Freie Säuren waren nicht zugegen, auch kein Chlor. Inzwischen hatten die Arbeiter bei Berührung des aus der Wasserleitung austretenden Wassers leichte elektrische Schläge verspürt. Ein zwischen das Wasserleitungsrohr und einen in einiger Entfernung davon in die Erde eingetriebenen Eisenstab geschaltetes Voltmeter zeigte eine Spannung von 35 Volt an. Um den Ursprung dieser sonderbaren Ladung festzustellen, schaltete ich an Stelle des Meßinstrumentes eine Telephonkapsel. In dieser war sehr deutlich das gleichförmige Summen des Umformers der elektrischen Zentrale vernehmbar. Unterbrechungen oder Anschwellungen der Intensität waren nicht wahrnehmbar. Damit war die allerdings ziemlich weit entfernte Schienenleitung der Straßenbahn als Ursache ausgeschaltet. Wohl aber gab es jedesmal im Telephon einen Knacks, sobald im nahegelegenen Laboratorium Apparate mit höherem Stromverbrauch aus- oder eingeschaltet wurden. Es war damit erwiesen, daß eines der zum Laboratorium führenden unterirdischen Kabel die Zerstörungen bewirkt haben mußte. Nachdem die Spannung zwischen Rohrleitung und Erde nicht sank beim Oeffnen des Hauptschalters im Laboratorium, war es klar, daß ein Kontakt der Stromleitung mit Gas- oder Wasserleitung im Laboratorium nicht in Frage kam, sondern daß das Kabel im Erdboden defekt sein mußte. Beim Nachgraben wurde die beschädigte Stelle denn auch bald gefunden: Gerade an der Stelle, wo das Kabel über das an dieser Stelle nicht tief liegende Wasserleitungsrohr hinweg ging, war ersteres wohl durch die kurz vorher dort arbeitende Dampfwalze zerquetscht worden. Daß dabei auch das weiter entfernt liegende Gasrohr in Mitleidenschaft gezogen wurde, erklärt sich schon daraus, daß im Laboratorium Gas- und Wasserleitung vielfach metallisch mit einander in Berührung kommen.

Eine an den Austrittsstellen des Wassers am zerfressenen Leitungsrohr entnommene Probe Rost ergab bei der Analyse folgendes merkwürdige Resultat:

Feuchtigkeit	24,50 %
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	48,60 %
Chlor	23,50 %

Recht auffallend ist der außerordentlich hohe Chlorgehalt der Probe. Die Untersuchung des umgebenden Erdreiches hatte, wie bereits erwähnt, die völlige Abwesenheit von Chlor ergeben. Letzteres konnte also nur aus dem Leitungswasser stammen, obwohl dieses kaum 4 Milligramm Chlor pro Liter enthält. Als Anion wandert das Chlorion natürlich zu dem hier als Anode



fungierenden Eisenrohr, zugleich mit dem Sauerstoff, Sulfation usw. Eine weitere Bedingung für die Möglichkeit der Anhäufung des Chlors an dem Eisenrohr ist die Bildung einer unlöslichen Eisen-Chlorverbindung. Und eine solche war wirklich vorhanden in Form des schon im vorliegenden Kapitel erwähnten Ferrioxychlorides (Fe_2OCl_4). So konnte das aus der verletzten Rohrstelle austretende Wasser beständig sein Chlor an das Eisen abgeben und die entstehende unlösliche Verbindung konnte vom Wasser nur schwer weggeschwemmt werden. Diese Erscheinung schien mir wichtig genug, um sie einer experimentellen Nachprüfung zu unterziehen.

In ein ca 80 cm hohes Glasgefäß, das bis fast zum oberen Rande mit Erde angefüllt war, wurden als Elektroden ein Eisenrohr und ein Eisenstab bis auf den Boden des Gefäßes eingeführt. Den negativen Pol bildete der Eisenstab; den positiven das Eisenrohr. Letzteres war an seinem unteren Ende durch einen Kork verschlossen und mit einer Schutzschicht von Asphaltlack überzogen. Von oben in das Rohr eingeleitetes Leitungswasser drang durch einige in die Rohrwand eingefeilte Schnitte aus, stieg durch die Erde langsam nach oben und floß dort durch einen mit Tropfenzähler versehenen Ueberlauf ab. Der Zufluß des Leitungswasser betrug ca ein Liter pro Stunde. An die Pole wurde ein elektrischer Strom von 8 Volt Spannung und 0,1 Ampère angelegt. Nachdem der Apparat so während vier Wochen in Betrieb gewesen, wurde das Eisenrohr herausgezogen und mit 700 cc destilliertem Wasser abgewaschen. Dieses Waschwasser enthielt dann 0,0392 gr Chlor. Das macht pro Liter 57 mgr, während das durchfließende Leitungswasser nur 4 mgr Chlor pro Liter enthalten hatte! Eine aus den (stark ausgefressenen) Löchern entnommene Rostprobe enthielt 9,57 % Ferrioxychlorid. Der als Kathode dienende Eisenstab war völlig blank, nur mit einer Schicht von Kalk und Magnesia überzogen. Die Anode (das Eisenrohr) dagegen zeigte nicht nur an den Austrittsöffnungen, sondern auch an allen Stellen, wo der Schutzanstrich verletzt war, tiefgehende Korrosionen. Es beweist also der eben beschriebene Fall, wie auch obiger Versuch, daß wir in dem Ferrioxychlorid in ähnlichen Fällen einen Indikator haben für den Nachweis der Einwirkung von Wanderströmen, daß wir deren Vorhandensein oder deren Mithilfe am Zerstörungsprozeß also in manchen Fällen auch chemisch nachweisen können. Und das kann unter Umständen von größter Bedeutung sein.

Bilder aus dem zoologischen Garten.

Der Gänserich.

Von Nikolas FUNCK.

Nirgends vielleicht bietet sich dem Naturfreund ein reicheres Feld zu interessanten, zuweilen auch komischen und amüsanten Beobachtungen als in einem zoologischen Garten, diese Arche Noe, wo die seltensten und schönsten Repräsentanten des Tierreiches aller Weltteile ihm zu Gebote stehen. Besonders anziehend aber ist unter diesen die geflügelte Welt mit ihrem schmucken Gefieder und ihren eleganten Formen, welche unser zoologische