Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 43 (1952)

Heft: 2

Artikel: Die Förderung der Konzentrationselementbildung durch ungleichmässige Flüssigkeitserwärmung und Schlammablage in Warmwasserspeichern

Autor: Stahl, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057841

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: 10.08.2025

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

grösserer Prozentsatz der Pantographen mit der Schmiervorrichtung versehen ist. Es wird ein besonderes graphitiertes Öl verwendet, welches den Schmierfilm gut erhält und zur Vermeidung von Rauhreif einen niedrigen Gefrierpunkt hat. Dieses Öl wird von der italienischen Socony-Vacuum-Gesellschaft in Genua hergestellt.

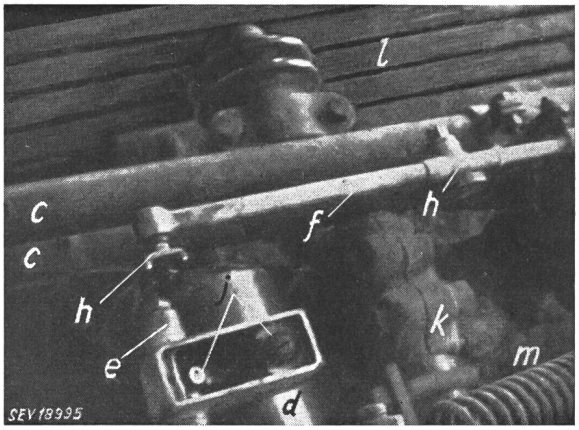

Fig. 5
Vergrösserte Einzelteile der Schmiervorrichtung, mit abgehobenem Deckel
h grobe Regelung der Kolbenbetätigung; *j* Schrauben zur Feinregulierung des Kolbenhubes; *k* Pantographenfuss mit Feder *m* und mit Isolator *n*; *l* Laufbretter längs der Wagendachkante

5. Montage, Bedienung und Unterhalt der Vorrichtung haben sich als einfach erwiesen. Die Anordnung am Fusse des Pantographen hat den Vorteil, dass das Bedienungspersonal beim Auffüllen des Behälters und gelegentlicher Reinigung der leicht zu öffnenden Pumpe sich nicht zu stark dem Fahrdraht zu nähern braucht.

Die Fahrdrahtabnützung wurde seit der Einführung der Vorrichtung nicht genau gemessen, aber es kann mit Sicherheit angenommen werden, dass sie im gleichen Verhältnis wie bei den Schleifstücken zurückgeht, also mindestens viermal geringer ist als vorher.

Einer der grössten Vorteile ist die wahrscheinlich völlige Verhinderung von Rauhreifbildung. Bei der ständigen Schmierung wird der ganze Draht allmählich fett und die Staubkörnchen, die sich darauf sammeln, bilden eine Art fette Kruste auf den beiden Seiten des Drahtes, wie man es in Fig. 4 gut sieht. Es kann infolgedessen selbst im Nebel kaum Feuchtigkeit zum Fahrdraht gelangen und deshalb auch kein Rauhreif sich bilden. Bei Kohlenschleifstücken dürfte auch die Verschmierung der Wagen hinter dem Pantograph, verursacht durch Abfallen von mit Fett gemischten Kohlepartikeln, abnehmen.

Weil diese Anlagen sehr einfach und die Anschaffung bzw. der Unterhalt billig sind, wirkt sich die Einführung auf den Betrieb wirtschaftlich günstig aus.

Literatur

Hug, Ad.-M.: Neue Fahrdrahtschmiervorrichtung bei italienischen Eisenbahnen. Elektr. Bahnen Bd. 22(1951), Nr. 6, Juni, S. 150...152.

Adresse des Autors:
Ad.-M. Hug, beratender Ingenieur, Thalwil (ZH).

Die Förderung der Konzentrationselementbildung durch ungleichmässige Flüssigkeitserwärmung und Schlammablage in Warmwasserspeichern

Von *E. Stahl,* Schaffhausen

621.3.014.6 : 621.364 : 644.62

Ein durch aussergewöhnlich starke elektrochemische Reaktionen beschädigter Warmwasserspeicher gab vor mehreren Monaten den Impuls zu eingehenden Betrachtungen, welche nicht allein den Heizungsfachmann beschäftigten, sondern auch das Interesse des an der Untersuchung teilnehmenden Elektrizitätswerkes auf sich zu lenken vermochten. Es handelte sich um den horizontal montierten Niederdruckboiler von 200 Liter Inhalt einer privaten Warmwasseranlage, welcher schon nach wenigen Jahren starken, von Konzentrationselementen herrührenden Korrosionen zum Opfer fiel.

Die ersten äusseren Symptome des bereits in seine Endphase getretenen Korrosionsprozesses machten sich vorerst nur als winzig kleine, von blossem Auge kaum wahrnehmbare Öffnungen — aus denen das Wasser in grossen Tropfen hervorquoll — bemerkbar. Der sofort herbeigerufene Heizungsmonteur versuchte dem unerwünschten Wasseraustritt durch Zuschweissen der schadhaften Stellen Einhalt zu gebieten. Trotz allen Bemühungen gelang es ihm jedoch nicht, den Mantel dauerhaft abzudichten. Schon zwei Tage später kündete der Austritt neuer Wassertropfen unmittelbar neben den frischen Schweissnarben das Bestehen weiterer Löcher an. Die Art der Störung bewog darauf die Heizungsfirma, das undichte Boilergefäss zu demontieren.

Die anschliessende Untersuchung ergab, dass der ursprünglich 4 mm starke Eisenmantel am Boden, auf dem sich eine grosse, bis 10 cm tiefe Menge rostbraunen Schlammes abgelagert hatte, nur noch Millimeterbruchteile dick war. Trotzdem der Schlamm bei der Analyse zur Hauptsache als gewöhnliches Eisenoxyd identifiziert wurde, blieb der genaue Vorgang der rätselhaften «Materialverschiebung» dem aufmerksamen Beobachter zunächst verborgen. In der Annahme, dass derart intensive Korrosionen nur die Folge ebenso starker elektrochemischer Reaktionen sein könnten, richtete sich der Verdacht zuerst auf vagabundierende Erdströme. Das Elektrizitätswerk wurde deshalb beauftragt, in dieser Richtung entsprechende Untersuchungen anzustellen. Alle Messungen sowie eine genaue Kontrolle der elektrischen Hausinstallationen führten jedoch zu keinem positiven Ergebnis. Dank der eifrigen Bemühungen gelang es schliesslich, den sonderbaren Fall durch die sog. Nernstsche Elektrodentheorie abzuklären.

Ähnlich den bekannten galvanischen Elementen, welche elektrischen Strom durch Verbindung zweier Metalle mit einer Flüssigkeit erzeugen, vermag ein sog. Konzentrationselement mit verschiedenen Flüssigkeiten oder gleicher Flüssigkeit, aber verschiedener Konzentration, und gleich gearteten

Metallelektroden einen galvanischen Strom hervorzubringen. Jedes Metall weist gegenüber einer Flüssigkeit ein bestimmtes Potential auf, welches von der Beschaffenheit des Materials einerseits, von der Konzentration und Temperatur der Lösung anderseits abhängig ist. Das Bestreben des Metalls, Metallionen an die Lösung abzugeben, bezeichnet *Nernst* als elektrolytischen Lösungsdruck. Die Aussendung solcher Ionen führt aber im Metall zu einer Störung des elektrischen Gleichgewichtes, d. h. dank der zurückgebliebenen Elektronen erfährt die Metallelektrode eine negative Ladung, während die Lösung durch die aufgenommenen Metallionen positiv aufgeladen wird. Diese beiden entgegengesetzten Ladungen haben aber eine neue Kraft zur Folge, nämlich die elektrostatische Anziehungskraft p_k zwischen der negativen Ladung des Metalls und der positiven Ladung der Lösung. Durch die gegenseitige Annäherung der beiden Ladungen bildet sich an den Kontaktflächen Metall — Lösung, eine sog. Ladungsschicht, welche den Austritt weiterer Metallionen zu verhindern sucht. Eine zweite, die Ionenemission hemmende Kraft ist der osmotische [1]) Druck p_0 der Lösung. Dem elektrolytischen Lösungsdruck p_l des Metalls stehen somit die beiden Kräfte des elektrostatischen und des osmotischen Druckes gegenüber. Also: $p_l = p_e + p_0$.

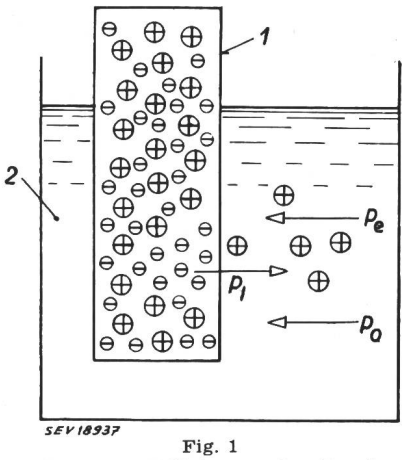

Fig. 1
Darstellung zur Erläuterung der Druck- und Potentialverhältnisse

⊕ Metallion
⊖ Elektron
p_l Lösungsdruck (elektrolytisch)
p_e elektrostatischer Druck
p_0 osmotischer Druck

Nach dieser kurzen Exkursion in eine für den Praktiker etwas fremde Welt stellen wir bei dem in Fig. 2 schematisch dargestellten Boilerquerschnitt zunächst fest, dass die untere Mantelzone *a* und die obere Zone *b* mit Lösungen verschiedener Konzentrationen in Verbindung stehen. Nach Nernst nehmen also beide Mantelzonen gegenüber den Lösungen — im einen Fall das Wasser, im anderen der wässerige Schlamm — verschiedene Potentiale an. Die Potentialdifferenz zwischen beiden Zonen wird um so grösser, je mehr die obere Wasserschicht durch die in der Gefässmitte angeordnete Heizrohrschlange erwärmt wird. Nach der umgeformten Gleichung $p_l - p_0 = p_e$ hat also der steigende osmotische Druck p_0 bei konstantem Lösungsdruck p_l immer einen kleineren elektrostatischen Druck p_e [2]) zur Folge. Trotzdem beide Mantelzonen gegenüber ihren Lösungen negativ — aber verschieden hoch — geladen sind, ergibt sich, relativ betrachtet, dennoch ein Potentialgefälle, welches einen Stromfluss im angedeuteten Bezugssinne hervorzurufen vermag.

Eine andere theoretische Überlegung, welche hinsichtlich des Stromverlaufes zu den gleichen Schlussfolgerungen führt, ist die, dass bei der Erwärmung des Wassers der ansteigende osmotische Druck p_0 in der oberen Boilerhälfte, vereint mit dem elektrostatischen Druck p_e, so viele Metallionen auf dem Eisenmantel niederzuschlagen vermag, dass das Metall im Extremfall gegenüber dem Wasser ein positives Potential annehmen könnte. In beiden Fällen würde die Mantelzone *a* wiederum Kathode, die Zone *b* Anode des Konzentrationselementes werden. Auf der Suche nach weiteren Ursachen darf aber auch die Bedeutung der Lokalelementbildung — eine bekannte, bei allen chemisch unreinen Metallen in Verbindung mit Sauerstoff auftretende Reaktion — nicht ganz übersehen werden. Immerhin kann auf Grund der Tatsache, dass nur auf dem Boilerboden Korrosionen aufgetreten sind, angenommen werden, dass die Wirkung des Lokalelementes gegenüber dem Konzentrationselement stark zurücktritt.

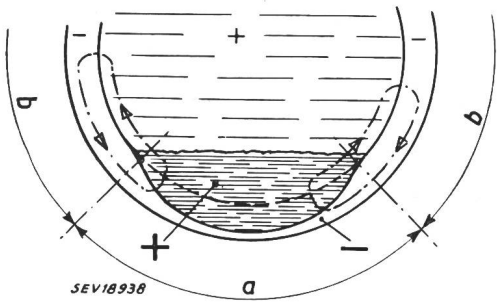

Fig. 2
Schematischer Boilerquerschnitt
a untere Mantelzone
b obere Mantelzone

Die Verschiedenheit der Potentialgefälle in beiden Zonen lässt sich u. a. durch die Tatsache erklären, dass das wärmere Wasser in der oberen Zone *b* einen höheren osmotischen Druck aufweist, wodurch die Potentialdifferenz (oder der elektrostatische Druck p_e) zwischen Lösung und Metall nach der Gleichung $p_e = p_l - p_0$ kleiner wird.

Mit zwei sehr interessant verlaufenden Experimenten versuchten wir, die Wirkungen dieses Konzentrationselementes nachzuweisen. Im einen Fall wurden beide Flüssigkeiten, das reine Wasser und der wässerige Schlamm, den wir dem defekten Boiler entnommen hatten, durch ein poröses Tongefäss nach Fig. 3 voneinander getrennt. In jede Lösung wurde eine aus demselben Eisen hergestellte Elektrode getaucht.

Nach der vorhin abgeleiteten Theorie musste nun die Elektrode *1* positives, die Elektrode *2* negatives Potential annehmen. Diese Überlegung wurde durch

[1]) Osmose ist das Vereinigungsbestreben verschiedener Flüssigkeiten oder Gase, welche durch eine mehr oder weniger durchlässige Zwischenschicht voneinander getrennt sind.

[2]) p_e ist ein direktes Mass für die elektrische Ladung.

ein in den äusseren Stromkreis geschaltetes Messinstrument, das eine Spannung von ungefähr 25 Millivolt anzeigte, bestätigt (Fig. 3).

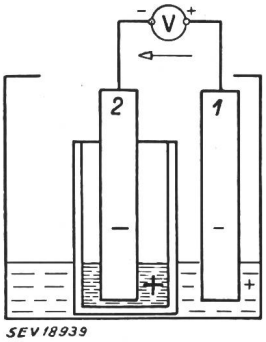

Fig. 3

Anordnung zum experimentellen Nachweis des Konzentrationselementes

1, 2, Eisenelektroden
Die Elektrode *2* taucht in den wässerigen Boilerschlamm, der sich im Tongefäss befindet. Die Elektrode *1* taucht in Leitungswasser

Die Messung erfolgte mit einem elektronischen Voltmeter, dessen Eingangswiderstand $10 \cdot 10^6\ \Omega$ beträgt. Bei kleineren Werten des Instrumenten-Widerstandes fiel der Potentialwert beträchtlich ab; so ergab z. B. die Messung mit einem gewöhnlichen Millivoltmeter bei einem Widerstand des Instruments von 1000 Ω noch 22 mV, bei 100 Ω noch 8,2 mV und bei 10 Ω sogar nur noch 1,1 mV.

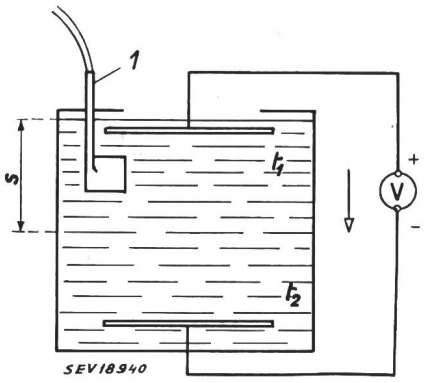

Fig. 4
Experimenteller Nachweis von Potentialdifferenzen in einer Anordnung entsprechend Fig. 2

1 Tauchsieder
s Zone wärmeren Wassers
t_2 Temperatur der untern Zone
t_1 Temperatur der obern Zone

Sehr aufschlussreich verlief auch der zweite Versuch (Fig. 4) mit zwei runden Blechscheiben, welche als Elektroden horizontal in ein mit gewöhnlichem Leitungswasser gefülltes Glasgefäss getaucht wurden. Die Erwärmung der oberen Wasserschicht (s) ergab in mehreren aufeinanderfolgenden Kontrollmessungen jedesmal beachtliche Erhöhungen der zwischen den beiden Elektroden herrschenden Potentialdifferenz, welche darauf hinweisen, dass bei Konzentrationselementen auch dem Temperatureffekt eine gewisse Bedeutung zukommt.

Schlussfolgerungen

Ohne noch einmal auf langatmige Theorien einzutreten, muss bei diesen interessanten Beobachtungen angenommen werden, dass schon am Anfang des Boilerbetriebes die physikalischen Voraussetzungen zur Bildung eines Konzentrationselementes bestanden haben. Die anfänglich jedoch zu keinen Bedenken Anlass gebenden Einwirkungen müssen aber durch die Tatsache, dass eine strömungsarme Zone die Schlammablagerung am Speicherboden wegen der verhältnismässig hoch gelegenen Kaltwasserzufuhr ganz bedeutend erleichterte, ausserordentlich begünstigt worden sein. Bestimmt hat aber auch die Anordnung der Heizung die schädliche Entwicklung noch gefördert, indem die Heizschlange das Wasser in den oberen Schichten stärker als unten erwärmt hat. Der Versuch von Fig. 4, wo der Temperatureffekt eine höhere Spannung ergibt als der Konzentrationseffekt, weist ja gerade darauf hin, dass das Problem der gleichmässigen Wasseraufheizung von wesentlicher Bedeutung ist.

Trotzdem immer wieder Beobachtungen über Korrosionen als Folge von Konzentrationselementbildungen gemacht werden, dürfte dieser Fall zu den Seltenheiten gehören. Wohl in den meisten Fällen werden die zerstörten Objekte einfach ersetzt, ohne dass man auf die Ursachen tiefer einzugehen pflegt. Dieses Mal haben aber die ungewöhnlichen Begleiterscheinungen alle an der Aufklärung aktiv Beteiligten gezwungen, dem Problem etwas genauer nachzuspüren. Wäre die Ursache schon das erste Mal, vor 10 Jahren, richtig erkannt worden, so hätten wahrscheinlich die vom abgelagerten Schlamm hervorgerufenen Korrosionen durch entsprechende Disposition von Heizung und Kaltwasserzufuhr verhindert werden können. Möge deshalb die kurze Beschreibung dieses interessanten Sonderfalles dem Leser bei der Beurteilung ähnlicher Störungen als richtungweisende Anregung dienen.

Adresse des Autors:
E. Stahl, Elektrotechniker, Elektrizitätswerk der Stadt Schaffhausen, Hohlenbaumstrasse 6, Schaffhausen.

Isolations-Prüf- und Messeinrichtung in der Kabeltechnik

Von *W. Duenbostel,* Wien

621.317.35:621.315.2

Es soll ein elektrisches Prüfverfahren zur Überprüfung und Überwachung des Isolationswiderstandes von elektrischen Leitern und Kabeln während der Herstellung — bei einem vergleichenden Überblick über die bisher gebräuchlichen Messverfahren — beschrieben werden. Diese Prüfung ermöglicht nicht nur das Aufsuchen des Isolationsfehlers, sondern auch seine Ursache festzustellen, und kann so zur weiteren Forschung auf dem Gebiete der Kabelisolierstoffe dienen.

Description d'un procédé électrique de contrôle et de surveillance de la résistance d'isolement de conducteurs et câbles électriques au cours de leur fabrication. Comparaison avec d'autres procédés en usage. Ce procédé permet non seulement de déceler le défaut d'isolement, mais également d'en déterminer la cause. Il peut donc rendre de grands services pour les recherches dans le domaine des matières isolantes rentrant dans la fabrication des câbles.

Einleitung

Mit der Entwicklung der Kunststoffchemie wurde auch eine Reihe nennenswerter Isolierstoffe geschaffen, z. B. Mipolam (PVC), PCU-Folien usw., die in weiterer Folge eine eigene Art der Aufbringung am Leiter, z. B. das Längsbedeckungsverfahren und