

Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme
Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung
Band: 30 (1973)
Heft: 11

Artikel: Der kathodische Korrosionsschutz
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-782106>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.02.2025

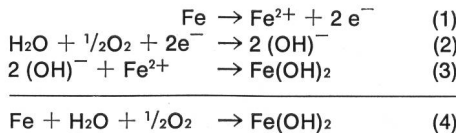
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Der kathodische Korrosionsschutz

Die rasch steigende Besiedlungsdichte, verbunden mit einer noch rascheren Steigerung des Lebenskomfortes, hat schlagartig Probleme dringend werden lassen, welchen noch vor wenigen Jahren höchstens akademische Beachtung geschenkt wurde. Es handelt sich dabei um die Verschmutzung der Erde, des Wassers und der Luft. Wer denkt nicht an die Autowracks, an die unzähligen Wegwerfpakungen aus Kunststoff und Metall, welche unsere Landschaft verunstalten; an die Abwässer, Öle und Chemikalien, welche unsere Gewässer gefährden, und an Rauch, Russ, Staub und Gerüche, die unsere Luft verpesten. Alle diese Verschmutzungen unserer Umwelt sind in kurzer Zeit so gravierend geworden, dass sie zum Feind Nummer eins unserer Zivilisation erklärt werden mussten.

Unter den drei aufgezeigten Gefahren ist sicher diejenige der Gewässerverschmutzung am aktuellsten. Die Badeverbote in verschiedenen Seen, das Fischsterben in vielen Flüssen und sogar Seuchenfälle sprechen eine eindrückliche Sprache. Von allen Verunreinigungen des Wassers ist diejenige durch Heizöl von den in den letzten Jahren gemeldeten Fällen sicher nicht die am häufigsten vertretene, als latente Gefahr jedoch von ausserordentlicher Tragweite. Es sind einerseits bis jetzt in der Schweiz einige 100 000 Oeltanks installiert, wozu jährlich etwa 20 000 neue Behälter hinzukommen und in welchen eine Oelmenge von über zwei Milliarden Liter gelagert wird. Berücksichtigt man andererseits den Umstand, dass ein Liter Oel bis zu einer Million Liter Trinkwasser ungeniessbar machen kann, so könnte uns diese potentielle Gefahr bestimmt den Schreck in die Glieder jagen, wenn nicht glücklicherweise für eine Durchbruchkorrosion eines Oeltanks eine Reihe Bedingungen gleichzeitig und über längere Zeit erfüllt sein müssten, wodurch das tatsächliche Gefahrenmoment wieder in einen realistischeren Rahmen gestellt wird. Der Korrosionsvorgang, das heisst der Uebergang vom metallisch-elementaren in den ionischen oder Verbindungszustand, ist eine elektrochemische Umsetzung. Voraussetzung für eine Korrosion des Eisens ist das Vorhandensein eines Elektrolyten (Wasser) und eines Oxidationsmittels (Sauerstoff). Da Eisen aus seinem Oxid, das

heisst dem Eisenerz, nur durch Zufuhr beträchtlicher Energiebeträge in den metallischen Zustand gebracht werden kann, hat Eisen eine natürliche Tendenz, unter Energieabgabe wieder in den Oxidzustand zurückzukehren, zu korrodieren. Der elektrochemische Vorgang des Rostens zerfällt in die folgenden wichtigen drei Teilschritte:



Gemäss (1) erfolgt die Ionisierung des Eisens unter Abgabe von 2 Elektronen. Diese reduzieren den Sauerstoff gemäss (2), und die hierbei gebildeten negativen Hydroxid-Ionen verbinden sich mit den positiven Eisen-Ionen zum neutralen Eisenhydroxid. (4) stellt dann die chemische Summenreaktion dar.

Gemäss der Tendenz, unter Energieabgabe in den Ionenzustand zurückzukehren, wird Reaktion (1) sofort einsetzen, wenn ein Elektrolyt (Wasser) in Kontakt mit dem Eisen kommt. Diese Reaktion kann aber nicht beliebig fortschreiten, da mit der Freisetzung der Elektronen auch die positiven Ionen entstehen. Es bildet sich damit die sogenannte elektronische Doppelschicht, bestehend aus den negativen Elektronen und den durch diese festgehaltenen positiven Ionen ausserhalb des Metalles (siehe Abb. 1). Dadurch entsteht gegenüber der Lösung ein Diffusionsgegenpotential, welches bei einer für jedes Metall charakteristischen Spannung den Stillstand oder Gleichgewichtszustand der Reaktion (1) herbeiführt.

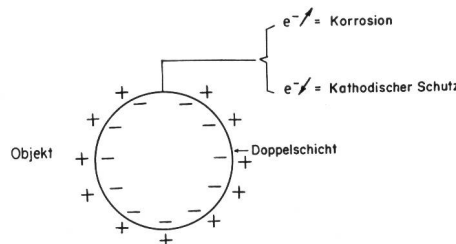


Abb. 1

Hieraus erkennt man folgendes: Das Eisen nimmt gegenüber der Lösung eine negati-

ve Spannung an, welche ohne weitere äussere Beeinflussung konstant bleibt.

Dieser Gleichgewichtszustand kann nun durch äussere Einwirkungen in zweifacher Weise gestört werden: Werden z. B. gemäss Reaktion (2) Elektronen verbraucht, oder werden die Elektronen abgeleitet, so schreitet die Korrosion weiter.

In gleicher Weise wirkt die Entfernung der positiven Eisenionen, z. B. durch chemische Bindung gemäss Reaktion (3).

Wird umgekehrt die Zahl der Elektronen vergrössert, z. B. durch Aufdrücken einer negativen Spannung, verläuft Reaktion (1) in umgekehrter Richtung, das heisst die Eisenionen werden entladen und wieder in metallisches Eisen übergeführt.

Daraus geht hervor, dass durch Verschieben des Gleichgewichtes oder des natürlichen Potentials des Eisens in positiver Richtung die Korrosionsgeschwindigkeit entsprechend der Spannungsdifferenz zunimmt, während durch Verschieben des natürlichen Potentials in negativer Richtung ein Korrosionsschutz erreicht wird, der sogenannte kathodische Schutz.

Im allgemeinen genügt es, das natürliche Potential um etwa 200 bis 300 mV in negativer Richtung zu verschieben, um einen Schutz gegen alle natürlichen Korrosionen zu erreichen. Nun ist es aber möglich, dass das natürliche Potential durch Elementbildung, z. B. beim elektrischen Zusammenschluss mit einem Kupfererder oder durch vagabundierende Ströme, stark in positiver Richtung verschoben wird.

Es wird deshalb meist auf ein bestimmtes Schutzpotential, gemessen gegen eine Hilfelektrode, abgestellt. Gemäss den schweizerischen Richtlinien soll das Schutzpotential einen Wert, gemessen gegen die Cu/CuSO₄-Elektrode, von -1,0 Volt aufweisen.

In diesem Zusammenhang interessieren noch die aufzuwendenden Schutzströme bzw. Leistungen.

Eine nackte, in lehmigem Kiesboden verlegte Eisenkonstruktion benötigt pro m² Oberfläche etwa 20 mA, das heisst für einen 8000-Liter-Tank mit etwa 25 m² Oberfläche 0,5 A. Ein derart hoher Schutzstrom ist aus verschiedenen Gründen abzulehnen. Es wird deshalb von behördlicher Seite verlangt, dass der Schutzstrom durch Aufbringen einer geeigneten Isola-

wobei der sogenannte Anodenwirkungsgrad mit 1 angenommen worden ist. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass das Gewicht G der Anode nur so weit in der Formel berücksichtigt werden darf, als es nicht durch Eigenkorrosion verbraucht wird. Bei sehr kleinen Schutzströmen wird diese Lebensdauer ausschliesslich durch Selbstersetzung begrenzt, welche je nach Aggressivität der Bettung auf 10 bis 20 Jahre geschätzt werden kann. Wegen dieser begrenzten Lebensdauer ist die nächste Methode vorteilhafter.

2. Durch Speisung aus Gleichrichtern

Ueber eine Hilfsanode wird dem zu schützenden Objekt mittels einer äusseren Stromquelle, dem Gleichrichter, das notwendige negative Potential aufgedrückt.

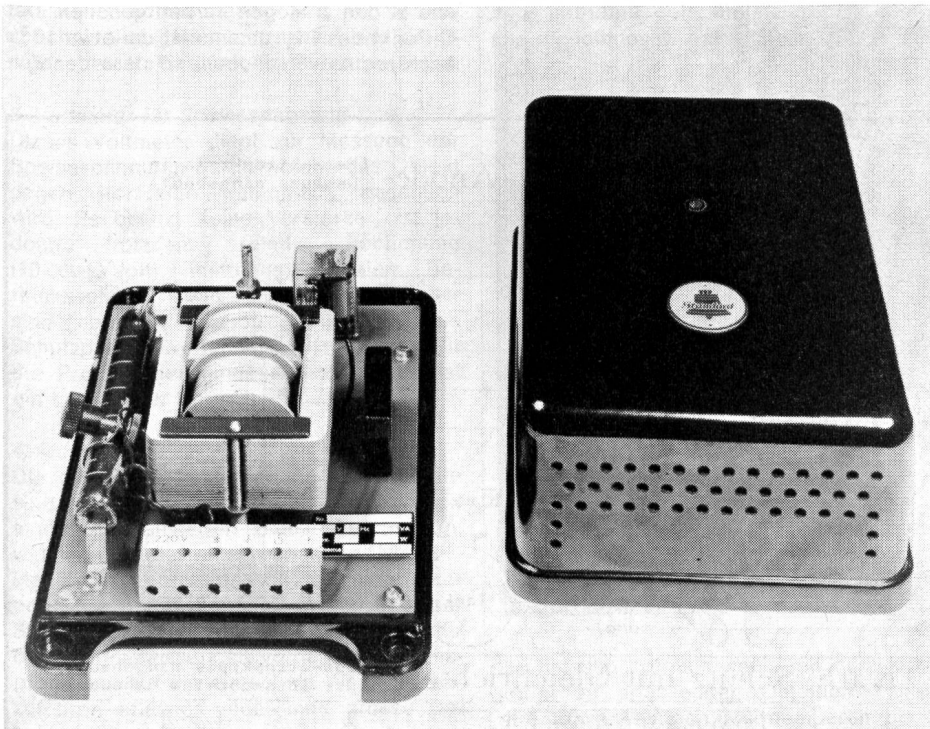


Abb. 2. Gleichrichter für kathodischen Korrosionsschutz

tion auf einen bestimmten Wert begrenzt wird.

Ein kathodischer Schutz kann auf verschiedene Weise erreicht werden:

1. Durch Opferanoden

Man verwendet den beschriebenen Korrosionsvorgang selbst, indem man ein noch unedleres, negativeres Metall (z. B. Zink oder Magnesium) der Korrosion aussetzt und damit dem zu schützenden Eisenobjekt ein relativ zu seiner Umgebung negatives Potential aufzwingt. Wie der Name sagt, wird dabei die verwendete Anode zugunsten des Objektes «geopfert» und muss nach einer gewissen Zeit ersetzt werden. Die Lebensdauer L dieser Anoden ist proportional dem Gewicht der Anode und umgekehrt proportional dem Anodenstrom I_a und dem elektrochemischen Äquivalent K (einer Materialkonstante):

$$L = \frac{G}{I_a K} \text{ Jahre,}$$

Ein moderner, mit erstklassigen Bauteilen auf einem gedruckten Stromkreis aufgebauter Korrosionsschutz-Gleichrichter hat eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer, wobei auch bei sehr hohen Bodenwiderständen durch die Regelbarkeit der Einspeisespannung genügende Schutzströme erreicht werden können.

Der Stromkonsum aus dem Netz ist dabei so klein, dass er überhaupt nicht ins Gewicht fällt. Ein Ausfall des Netzes ist ebenfalls belanglos, da bei der heutigen Sicher-

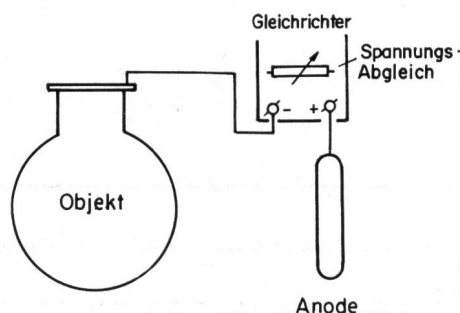


Abb. 3. Anordnung einer kathodischen Schutzanlage mit Gleichrichter

stellung der Stromversorgung ein Unterbruch höchstens Stunden dauert, während ein wesentlicher Korrosionsangriff erst nach Monaten auftritt, bei Eintreffen der Netzspannung der Schutz aber sofort wieder hergestellt ist. Die Speisespannung des Gleichrichters und daraus resultierend das Schutzpotential kann kontinuierlich eingestellt werden, so dass für alle Verhältnisse, auch bei sehr grossen Bodenwiderständen, ein einwandfreier Schutz gewährleistet ist. Das Objekt wird mit dem negativen Pol des Gleichrichters und einer Anode, z. B. aus Ferro-Silizium, mit dem positiven Pol des Gleichrichters verbunden. Ferro-Silizium-Anoden haben bei gleicher spezifischer Belastung eine so hohe Lebensdauer, dass sie bei den praktisch in Frage kommenden Schutzströmen unbegrenzt verwendbar sind.

Für beide Schutzmassnahmen besteht jedoch, wie schon oben angedeutet, die Forderung, dass sie unbeteiligte Objekte in der Nähe der Anlage nicht gefährden dürfen, das heisst dass die in den Boden eingeleiteten Ströme klein bleiben. Da jedoch das notwendige Schutzpotential durch das verwendete Metall des Objektes und durch das umgebende Erdreich bestimmt wird, kann der Strom nur noch durch die Grösse der zu schützenden Oberfläche des Oeltanks beeinflusst werden. Das gelingt in hervorragender Weise durch eine Isolierung des Objektes. Solange die Isolierschicht porenfrei, mechanisch und elektrisch hinreichend widerstandsfähig ist, benötigt man theoretisch überhaupt keinen kathodischen Schutz mehr, da ein solches Objekt den Korrosionsangriffen entzogen ist. Derartige Ueberzüge sind technisch

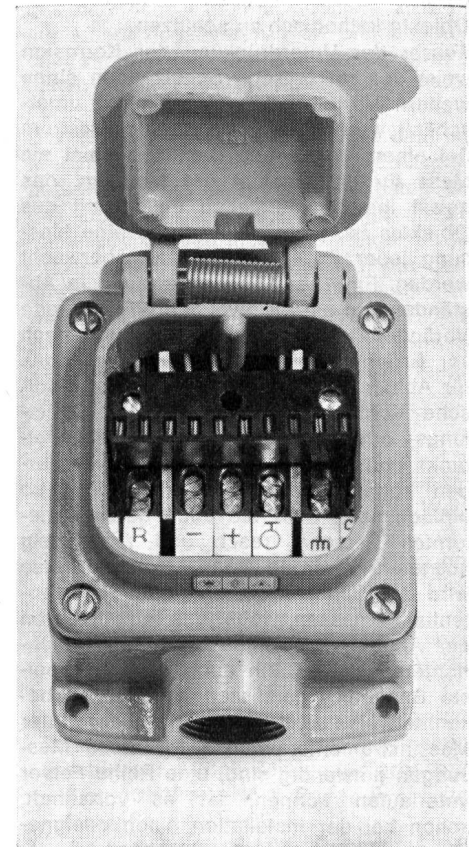


Abb. 4. Messstecker in Gussgehäuse für Aussenmontage

herstellbar, sind jedoch kostenmässig relativ aufwendig, muss doch die Porenfreiheit so hoch getrieben werden, dass eine hochwertige Isolation auch nach vielen Jahren garantiert werden kann. Die wirtschaftliche Lösung ist sicher eine weniger anspruchsvolle Isolation, welche mit nur einem Prozent des oben notwendigen Isolationswertes immer noch ihren Zweck bei weitem erfüllt, und dazu ein kathodischer Schutz, der mit ein paar Milliampere Schutzstrom jede Aussenkorrosion verhindert. Für erhöhte Sicherheitsbedürfnisse werden oft sogenannte Doppeltanks, welche zwei ineinanderliegende Stahlschalen besitzen, verwendet. Da solche Anordnungen bedeutend teurer sind, in bezug auf Korrosionsfestigkeit jedoch keine wesentlich längere Lebensdauer als ein Einfeldtank besitzen, ist es aus wirtschaftlichen Gründen erst recht begründet, diese teuren Objekte kathodisch zu schützen.

Ausser der Unterdrückung der Korrosion weist der kathodische Schutz noch einen weiteren Vorteil auf, welcher nicht unterschätzt werden darf. Da der Schutzstrom bei einem gegebenen Schutzpotential ein Mass für die Qualität der Isolation, das heisst ihrer Fehlerstellen und damit des Objektes ist, kann diese durch eine Messung jederzeit kontrolliert und überwacht werden. Eine periodische Messung in Abständen von ein bis zwei Jahren lässt jede Veränderung erkennen und erlaubt, noch vor Erreichen eines kritischen Zustandes für Abhilfe besorgt zu sein. Diese periodische Kontrolle, welche z. B. den Erstellungs- oder Revisionsfirmen für die Oeltanks und Ölheizungen überbunden werden könnte, muss selbstverständlich so einfach sein, dass sie auch durch angelerntes Personal rasch und zuverlässig ausgeführt werden kann. Normalerweise wird der Schutzstrom und das Schutzpotential gemessen, wobei das Funktionieren der Anoden kontrolliert wird; bei Gleichrichterspeisung kann auch die eingespeiste Spannung gemessen werden. Da bekannterweise schon beim Anschliessen der Messinstrumente, welche für diese Messungen notwendig sind, eine Reihe Fehler unterlaufen können, ist es vorteilhaft, schon bei der Installation einen geeigneten Steckeranschluss vorzusehen. An die-

sen Steckern wird ausser dem Objekt und der speisenden Quelle (Opferanode oder Gleichrichter) die Erde (z. B. Wasserleitung) und eine fest eingesetzte Referenzelektrode oder die Messleitung für eine solche angeschlossen. Für die vorkommenden Anwendungsfälle des kathodischen Schutzes sind nachstehend die Anschlussmöglichkeiten des Messsteckers gezeigt (Abb. 4 und 5).

Für den Anschluss an diesen Messstromkreis wird ein Messgerät benötigt, welches rasch und sicher alle notwendigen Messungen durchzuführen erlaubt. Ein solches Instrument ist seit kurzem im Handel erhältlich. Dieses Universalmessgerät wurde speziell für die notwendigen Messungen an kathodischen Korrosionsschutz-Anlagen gebaut. Sämtliche Instrumente und Stromkreise sind in einem wasserdichten, tragbaren Kunststoffkoffer untergebracht. Das Gerät besteht im wesentlichen aus folgenden Teilen:

1. Voltmeter für Schutzpotential

Das Voltmeter wird für die Messung des Schutzpotentials verwendet, das heisst der Spannung des zu schützenden Objektes gegen eine im Boden eingesetzte CuCu-SO₄-Referenzelektrode (Dauersonde). Da diese Referenzelektrode nicht belastet werden darf, besitzt das Voltmeter einen Eingangswiderstand von 1 Megohm.

Weil ausserdem sehr kleine Potentialdifferenzen gemessen werden müssen, ist ein Gleichstromverstärker notwendig. Dieser ist stabilisiert, mit Transistoren bestückt und wird von eingebauten aufladbaren Batterien gespeist (Abb. 6).

Das Voltmeter besitzt eine Spiegelskala mit den Bereichen 0 bis 30 in roter und 0 bis 100 in schwarzer Teilung. Um Fehlablesungen zu vermeiden, sind die Beschriftungen der entsprechenden Schalterbereiche in den analogen Farben gehalten. Der O-Punkt des Instruments ist um etwa 10% nach rechts verschoben, so dass der Zei-

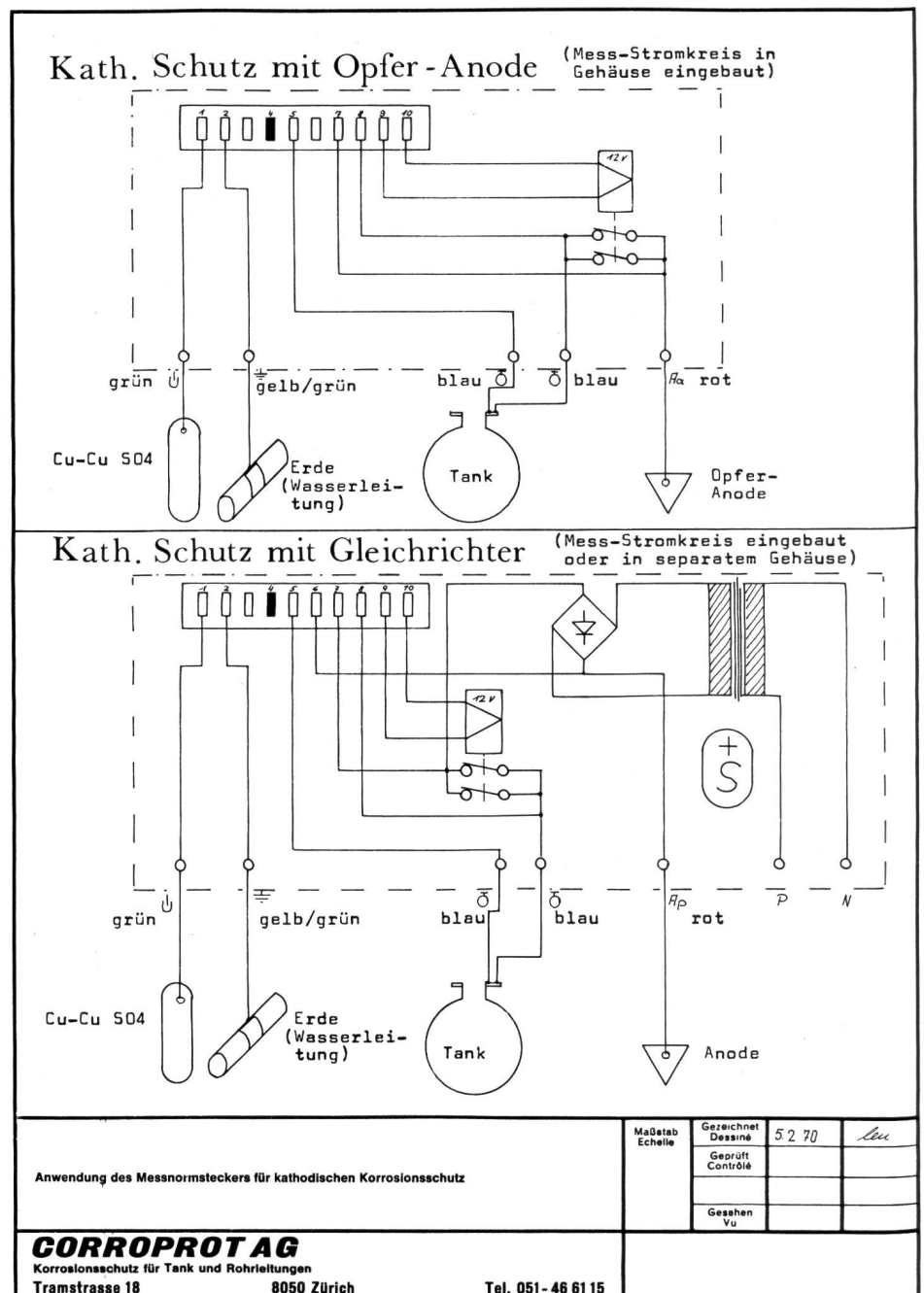


Abb. 5

ger bei Spannung mit umgekehrter Polarität einen genügend grossen Ausschlag nach links ausführen kann. Mit einer Druckknopftaste, welche mit «Polung» bezeichnet ist, kann der Ausschlag des Zeigers durch Umpolen in den Skalenbereich gebracht werden. Diese Anordnung weist gegenüber einem Instrument mit 0-Punkt in der Mitte den Vorteil auf, dass die Skala doppelt so lang ist, wodurch die Ablesegenauigkeit wesentlich besser ist.

2. Milliampereometer zur Messung des Schutzstromes

Dieses Instrument ist prinzipiell gleich aufgebaut wie dasjenige des Schutzpotentialvoltmeters; nur dient der Gleichstromverstärker dazu, den Spannungsabfall auch bei sehr kleinen Strömen von 0,001 A vernachlässigbar klein zu halten. Instrument, Skalen, Bereichsschalter und Polaritätsschalter sind gleich ausgeführt wie diejenigen des Voltmeters für Schutzpotential.

3. Voltmeter für Speisespannung

Dieses Voltmeter dient zur Messung der Speisespannung, durch welche das Objekt gegen Korrosion kathodisch geschützt wird. Es besitzt keine Verstärker, ist jedoch trotzdem relativ hochohmig (10 000 Ω /Volt). Instrument, Skalen, Bereichsschalter und Polaritätsumschalter sind ebenfalls analog denjenigen des Schutzpotentialvoltmeters ausgeführt. Für die Prüfung der eingebauten Batterie ist ein besonderer Bereich vorgesehen.

4. Messstecker

Die drei oben beschriebenen Messgeräte sind durch ein etwa 3 m langes Kabel mit einem normalisierten Stecker verbunden, welcher in die entsprechenden Negativstecker der Korrosionsschutz-Gleichrichter oder der Magnesiumanlagen passt. Dieser Stecker ist so geschaltet, dass er das für die Routinemessungen vorgesehene Messprogramm auf die einfachste Weise durchzuführen erlaubt, wobei eine grosse Betriebssicherheit angestrebt wurde.

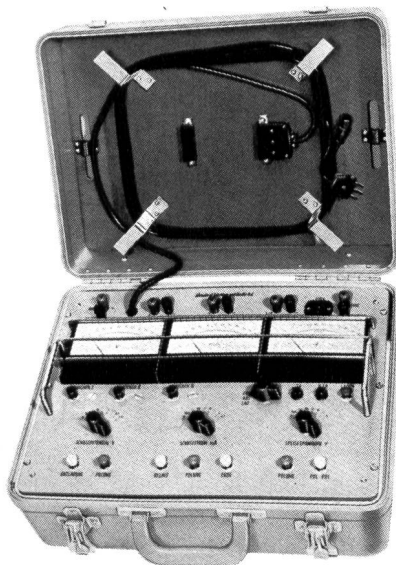
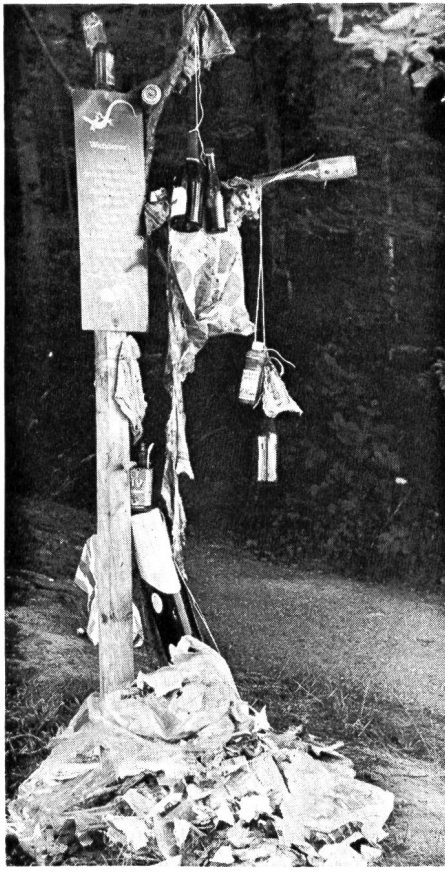


Abb. 6. Messgerät für kathodischen Korrosionsschutz

Der Nachlass der Wanderer

Zum Schutz der Natur ruft diese Tafel die Wanderer auf. Mit dem Verschonen von Pflanzen und Tieren ist es allerdings nicht getan, wie unser Bild von Picknick- und Autopflegeabfällen zeigt . . . (Aufnahme: Comet)



Da bei den normalerweise mit dem Messkoffer zu erfassenden Objekten Schutzströme von einigen Mikroampere bis zu einem Ampere auftreten, ist es nicht möglich, im Korrosionsschutzgleichrichter einen festen Mess-Shunt einzubauen; der Strompfad muss also während der Messung aufgetrennt und der umschaltbare Shunt des Messgerätes eingeschlaucht werden. Im Prinzip könnte das durch einen bedienbaren Trennschalter im Korrosionsschutzgleichrichter erreicht werden; zur Erhöhung der Betriebssicherheit wurde jedoch in den Gleichrichtern ein Relais mit Doppelkontakten vorgesehen, welches vom Messgerät aus über eine Drucktaste «Relais» und den Anschlussstecker betätigt wird. Beim Entfernen dieses Steckers schliesst das Relais automatisch den Schutzstromkreis wieder, so dass das Objekt nicht irrtümlich ohne Schutzstrom bleiben kann. (Eine Steckeranordnung mit Relais kann auch für die Magnesiumanlagen verwendet werden.)

Bei der Durchführung des Messprogrammes für die Routinemessung müssen also ausser der Steckverbindung keinerlei weitere Anschlüsse hergestellt werden. Zur Prüfung der Anodenanschlüsse kann eine weitere Drucktaste «Erde» betätigt wer-

den, wodurch automatisch die Erdleitung parallel zu den Anoden geschaltet wird. Ein Fehler im Anodenstromkreis bewirkt ein starkes Ansteigen des Schutzstromes. Bei Opferanoden wird die Erde parallel zu dem Objekt geschaltet, wodurch die maximale Stromergiebigkeit dieser Schutzanordnung geprüft werden kann.

Der kathodische Korrosionsschutz ist also in der Lage, Aussenkorrosionen an Oeltanks in hervorragender Weise zu vermeiden und ermöglicht durch eine einfache Messung den Zustand seiner Oberfläche, auch wenn er im Boden vergraben ist, elektrisch «sichtbar» zu machen. Die Sicherheit ist dabei trotz bescheidenem Aufwand als sehr hoch anzusprechen, so dass die verbleibenden Gefahrenmomente beim Transport und Umfüllen diejenigen der geschützten Lagerhaltung beträchtlich übersteigen dürften. Innenkorrosionen können heute auf einfache Art, ohne kathodischen Schutz, vermieden werden.

Schlussbemerkungen

Um Fehlermessungen durch die verschiedenen Spannungsabfälle zu vermeiden, die während des Betriebs einer Korrosionsschutzanlage auftreten, soll immer das Schutzpotential als Ausschaltpotential gemessen werden.

Dieser Messung liegt folgendes Prinzip zugrunde: Ein Objekt aus Eisen, welches im Boden von äusseren Spannungen unbeeinflusst ist, nimmt ein stationäres, natürliches Potential an, welches unter anderem von dem umgebenden Betonmaterial abhängig ist. Legt man nun ein negatives Potential an und schaltet dieses nach einer gewissen Zeit ab, so wird das verbleibende Potential (nach 3 Sekunden) nicht auf das natürliche Potential abfallen, sondern auf einem negativeren Wert bleiben, welcher sich nur ganz langsam dem ursprünglichen, natürlichen Potential wieder annähert.

Die Erfahrung zeigt nun, dass das betriebsmässige Schutzpotential (Einschaltpotential), welches am ungünstigsten Ort des Objektes und ganz nahe an diesem gemessen werden muss (was leider in der Praxis schwer durchführbar ist), nur ganz unwesentlich vom Ausschaltpotential abweicht. Deshalb repräsentiert das Ausschaltpotential einen wesentlich zuverlässigeren Wert, da es mit keinem Spannungsabfall behaftet ist.

Literatur

- [1] Gustav Kortum, Lehrbuch der Elektrochemie, Verlag Chemie GmbH, Weinheim.
- [2] Marshall E. Parker. Rohr-Korrosion und kath. Schutz. Vulkan-Verlag Dr. Classen, Essen, 1963.
- [3] F. Tödt. Korrosion und Korrosionsschutz. Walter De Gruyter & Co., Berlin, 1961.
- [4] Werner Kirsch. Korrosionsvorgänge und neuere Entwicklung des Korrosionsschutzes: Metall-Reinigung-Vorbehandlung 13 (1964), Nr. 1, Seiten 9—14, und Nr. 2, Seiten 23—32.
- [5] A. Bukowiecki, EMPA, Dübendorf. Metallkorrosion und temporärer Korrosionsschutz, 1966, DK 620.191.691.7.