

Korrosionsschäden an Erdungsanlagen

K.-P. Müller, Neumarkt

Metalle, die unmittelbar mit dem Erdboden oder mit Wasser (Elektrolyten) in Verbindung stehen, können durch Streuströme, aggressiven Erdboden und Elementbildung korrodieren. Korrosionsschutz durch lückenlose Umhüllung, also eine Trennung der Metalle vom Erdboden, ist bei Erdern nicht möglich, da alle bisher üblichen Umhüllungen einen hohen elektrischen Widerstand besitzen und dadurch die Erderwirkung aufheben würden. Im Beitrag werden jedoch praxistaugliche Hinweise gegeben, um die Gefährdung der Erder durch Korrosion zu minimieren.

1 Korrosionsgefährdungen

Erder, die aus einem einheitlichen Werkstoff bestehen, können durch „aggressiven“ Erdboden sowie durch Bildung von Konzentrations-elementen korrosionsgefährdet sein (Bild 1). Diese Korrosionsgefährdung hängt von dem Werkstoff und von der Art und Zusammensetzung des Bodens ab. In steigendem Maße werden auch Korrosionsschäden durch eine galvanische Elementbildung beobachtet.

Diese galvanische Elementbildung zwischen verschiedenen Metallen mit stark unterschiedlichen Metall-/Elektrolyt-Potentialen ist schon seit vielen Jahren bekannt. Vielfach noch unbekannt ist jedoch die Erkenntnis, dass Bewehrungen von Betonfundamenten ebenfalls zu einer Kathode eines Elements werden und somit Korrosion an anderen erdverlegten Anlagen auslösen können.

Mit der veränderten Bauweise – größere Stahlbetonbauwerke und kleinere freie Metallflächen im Erdboden – wird das Oberflächenverhältnis Anode zu Kathode immer ungünstiger, sodass die Korrosionsgefahr der unedleren oder unedler wirkenden Metalle (Anode) zwangsläufig zunimmt. Auch eine elektrische Trennung anodisch wirkender Anlagenteile zur Vermeidung dieser Elementbildung ist nur in Ausnahmefällen möglich.

Um einen Potentialausgleich und damit ein Höchstmaß an Sicherheit gegen zu hohe Berührungsspannungen im Fehlerfall und bei Blitzeinwirkungen zu erreichen, wird heute der Zusammenschluss aller Erder und anderer mit Erde in Verbindung stehender metallener Anlagen angestrebt. In den Hochspannungsanlagen werden in immer größerem Umfang Hochspannungsschutzerden mit Niederspannungsbetriebserdungen nach VDE 0101 [1] verbunden. Ebenso wird nach der DIN VDE 0100-410 [2] das Einbeziehen von Rohrleitun-

gen und anderen Anlagenteilen in die Berührungsschutzmaßnahmen verlangt. Es bleibt demnach nur der Weg, Korrosionsgefährdungen für Erder sowie für andere mit den Erdern in Verbindung stehende Anlagen durch die Wahl von geeigneten Erderwerkstoffen zu vermeiden oder wenigstens zu verringern.

Erkenntnisse zu Werkstoffen und zu Mindestmaßen von Erdern im Hinblick auf Korrosionsgefährdung sind nicht neu, denn seit mehr als zwei Jahrzehnten liegt die DIN VDE 0151 „Werkstoffe und Mindestmaße von Erdern bezüglich der Korrosion“ bereits als Weißdruck vor. Jahrzehntelange Erfahrungen im Bereich der Erdungstechnik und die Ergebnisse umfangreicher Untersuchungen zeigen, dass die Anforderungen aus der DIN VDE 0151 [3] für Erder, auch für solche von Blitzschutzanlagen, große Bedeutung haben.

2 Bildung galvanischer Elemente – Korrosion

Nachfolgend werden grundlegenden Vorgänge bei dem Korrosionsgeschehen erläutert, aus deren Verständnis heraus Korrosionsschutzmaßnahmen für die Praxis ableitbar sind.

Korrosionsvorgänge lassen sich deutlich anhand eines galvanischen Elementes erklären.

Wird z. B. ein Metallstab in einen Elektrolyten getaucht, dann treten positiv geladene Ionen in den Elektrolyten über. Umgekehrt werden auch positive Ionen aus dem Elektrolyten von dem Metallverband aufgenommen.

In der Praxis werden die Potentiale der im Erdboden befindlichen Metalle mit Hilfe einer Kupfersulfat-Bezugselektrode gemessen. Sie besteht aus einem Kupferstab, der in eine gesättigte Kupfersulfatlösung taucht, oder aus einer Kupfersulfat-Trockenelektrode. Das Bezugspotential dieser Vergleichselektrode bleibt konstant.

In dem Fall, dass zwei aus unterschiedlichen Metallen bestehende Stäbe in den selben Elektrolyten tauchen, entsteht an jedem Stab im Elektrolyten eine Spannung. Mit einem Voltmeter kann die Spannung zwischen den Stäben (Elektroden) gemessen werden. Sie ist die Differenz zwischen den Potentialen der einzelnen Elektroden gegen den Elektrolyten. Wird, wie in Bild 2 gezeigt, die Kupfer- und die Eisenelektrode über ein Amperemeter außerhalb des Elektrolyten verbunden, so fließt im äußeren Stromkreis der Strom vom Plus- zum Minuspol, also von der „edleren“ Kupferelektrode zu der „unedleren“ Eisenelektrode.

Im Elektrolyten hingegen muss der Strom I von der „negativeren“ Eisenelektrode zur Kupferelektrode fließen, damit der Stromkreis geschlossen ist. Das bedeutet ganz allgemein, dass der negativere Pol positive Ionen an den Elektrolyten abgibt und damit zur Anode des galvanischen Elementes wird, d. h. er wird aufgelöst. Die Auflösung des Metalls findet an denjenigen Stellen statt, an denen der Strom in den Elektrolyten übertritt.

Ein Korrosionsstrom kann ebenfalls durch ein Konzentrationselement entstehen (Bild 3). Hierbei tauchen zwei Elektroden des gleichen Metalls in verschiedene Elektrolyten. Die Elektrode im Elektrolyten II mit der größeren Metall-Ionen-Konzentration wird elektrisch positiver als die andere. Dieser Vorgang wird auch als Polarisation bezeichnet. Durch Verbindung der beiden Elektroden kommt es zum Stromfluss I und die elektrochemisch negativere Elektrode löst sich auf.

Autor

Dipl. Ing. (FH) Klaus-Peter Müller ist Produktmanager für den Bereich Blitzschutz/Erdung bei Dehn + Söhne, Neumarkt.

1 Korrodiertes Erder nach etwa 30 Jahren im Erdreich



Ein solches Konzentrationselement kann z. B. durch zwei Eisenelektroden gebildet werden, von denen die eine im eisenbewehrten Beton eingegossen ist und die andere im Erdreich liegt (Bild 4). Bei Verbindung dieser beiden Elektroden wird das Eisen in dem Beton zur Kathode des Konzentrationselementes und das im Erdreich befindliche Eisen zur Anode. Letzteres wird also durch Ionenabgabe zerstört.

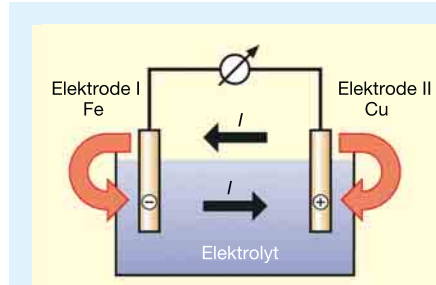
Allgemein gilt für die elektrochemische Korrosion, dass mit dem Stromfluss I ein umso größerer Metalltransport stattfindet, je größer die Ionen sind und je kleiner ihre Ladung ist (d. h. I ist proportional zur Atommasse des Metalls). In der Praxis rechnet man mit Stromstärken, die über einen bestimmten Zeitraum fließen, z. B. über ein Jahr. Korrosionsstrommessungen machen es also möglich vorzuberechnen, um wieviel Gramm ein Metall in einer bestimmten Zeit abgetragen wird.

Für die Praxis interessanter ist jedoch die Vorhersage, ob und in welcher Zeit in Erdern, Stahlbehältern, Rohren usw. durch Korrosion Löcher oder Mulden entstehen. Es ist also von Bedeutung, ob ein flächenmäßiger oder ein punktueller Angriff des Stroms zu erwarten ist. Für den Korrosionsangriff ist nicht die Größe des Korrosionsstromes allein maßgebend, sondern besonders seine Dichte, also der Strom je Flächeneinheit der Austrittsfläche. Diese Stromdichte lässt sich oft nicht direkt bestimmen. Man behilft sich in diesen Fällen mit Potentialmessungen, an denen die Höhe der vorhandenen „Polarisation“ ablesbar ist. **Polarisationsverhalten von Elektroden.** Wenn ein im Erdreich befindliches verzinktes Stahlband mit der (schwarzen) Stahlarmerung eines Betonfundaments verbunden ist (Bild 5), können folgende Potentialdifferenzen (Werte bei eigenen Messungen festgestellt) gegen die Kupfersulfat-Elektrode auftreten:

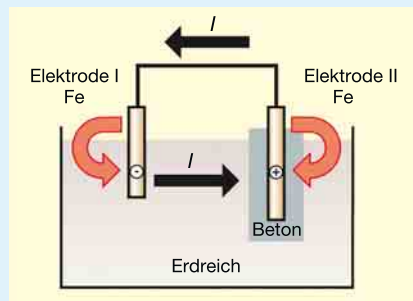
- Stahl, (schwarz) im Beton: -200 mV bis -400 mV
- Stahl, verzinkt, im Erdreich: -800 mV bis -900 mV
- Stahl, verzinkt, neuwertig: etwa -1.000 mV

Zwischen diesen beiden ersten Metallen besteht also eine Potentialdifferenz von etwa 600 mV. Werden sie nun außerhalb des Erdreichs verbunden, so fließt ein Strom I in dem äußeren Kreis vom Betonstahl zum Stahl im Erdreich und von dort zum Bewehrungsstahl. Die Größe des Stroms I hängt nun von der Spannungsdifferenz, vom Leitwert des Erdreichs sowie von der Polarisation der beiden Metalle ab. Allgemein ist festzustellen, dass der Strom I im Erdreich unter stofflichen Veränderungen erzeugt wird.

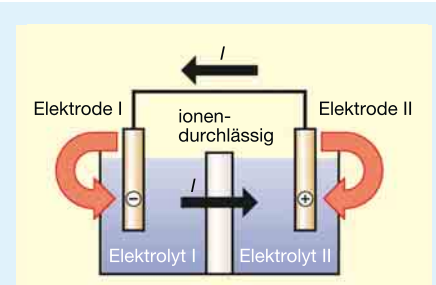
Eine stoffliche Veränderung bedeutet aber auch, dass sich die Spannung der einzelnen Metalle gegen das Erdreich verändert. Diese Potentialverschiebung durch den Korrosionsstrom I wird als Polarisation bezeichnet. Die Stärke der Polarisation ist direkt proportional



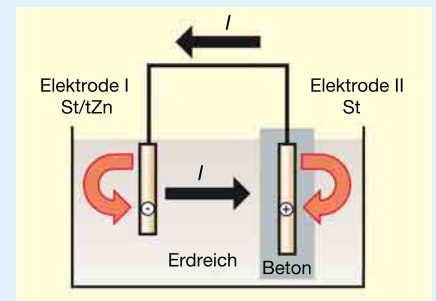
2 Galvanisches Element: Eisen/Kupfer



4 Konzentrationselement: Eisen im Erdreich/Eisen im Beton



3 Konzentrationselement



5 Konzentrationselement: Stahl verzinkt im Erdreich/Stahl (schwarz) im Beton

Bilder: Dehn + Söhne

zur Stromdichte. Polarisationserscheinungen treten an der negativen und an der positiven Elektrode auf. Jedoch sind die Stromdichten an beiden Elektroden meist sehr verschieden.

Beispiel: Eine gut isolierte Gasleitung aus Stahl im Erdreich ist mit Erdern aus Kupfer verbunden. Weist die isolierte Leitung nur wenige kleine Fehlstellen (kleine Fläche) auf, dann herrscht an diesen eine hohe Stromdichte und eine schnelle Korrosion des Stahls ist die Folge. Bei der weitaus größeren Stromeintrittsfläche der Kupfererde hingegen ist die Stromdichte nur gering. Demzufolge wird bei der negativeren isolierten Stahlleitung eine größere Polarisation auftreten als bei den positiven Kupfererdern.

Es findet eine Verschiebung des Potentials der Stahlleitung zu positiveren Werten statt. Damit nimmt dann auch die Potentialdifferenz zwischen den Elektroden ab. Die Größe des Korrosionsstromes hängt somit auch von den Polarisations-eigenschaften der Elektroden ab. Die Stärke der Polarisation kann durch Messen der Elektrodenpotentiale bei aufgetrenntem Stromkreis abgeschätzt werden. Der Kreis wird aufgetrennt, um den Spannungsfall im Elektrolyten zu vermeiden. Für derartige Messungen werden meistens schreibende hochohmige Instrumente verwendet, da oft sofort nach Unterbrechung des Korrosionsstromes eine rasche Depolarisation eintritt. Wird eine starke Polarisation an der Anode (der negativeren Elektrode) gemessen (d. h. es liegt also eine deutliche Verschiebung zu positiveren Potentialen vor), so besteht eine hohe Korrosionsgefahr für die Anode.

Gegen eine weit entfernte Kupfersulfat-Elektrode kann, je nach Verhältnis der anodischen

zur kathodischen Fläche und der Polarisierbarkeit der Elektroden, ein Potential des zusammenschalteten Elementes zwischen -200 mV und -800 mV gemessen werden (Korrosionselement: Stahl (schwarz) im Beton/Stahl verzinkt im Erdreich (Bild 5)). Ist z. B. die Fläche des armierten Betonfundamentes sehr groß gegen die Oberfläche des verzinkten Stahldrahtes oder Tiefenerders, dann tritt an Letzterem eine hohe anodische Stromdichte auf, sodass er bis nahe an das Bewehrungsstahl-Potential polarisiert ist und so in relativ kurzer Zeit zerstört wird.

Hohe positive Polarisation deutet also immer auf eine erhöhte Korrosionsgefahr hin. Für die Praxis ist es nun natürlich sehr wichtig, die Grenze zu kennen, ab welcher eine positive Potentialverschiebung einsetzt und somit eine akute Korrosionsgefahr besteht. Leider lässt sich hierfür kein eindeutiger Wert angeben, der in jedem Fall gilt. Dafür sind allein schon die Einflüsse durch die Bodenbeschaffenheit zu groß. Potentialverschiebungsbereiche hingegen können für natürliche Böden festgelegt werden.

Erkenntnisse. Eine Polarisation von weniger als $+20$ mV ist im Allgemeinen ungefährlich. Potentialverschiebungen, die über $+100$ mV hinausgehen, sind sicher gefährlich. Zwischen 20 mV und 100 mV wird es immer Fälle geben, bei denen Polarisation deutliche Korrosionserscheinungen auslöst. Zusammenfassend kann also Folgendes festgestellt werden:

Voraussetzung für die Bildung von Korrosionselementen (galvanische Elemente) ist immer das Vorhandensein metallener, elektrolytisch leitend verbundener Anoden und Kathoden. Anoden und Kathoden entstehen aus:

• **Werkstoffen:** unterschiedliche Metalle oder unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheit eines Metalls (Kontaktkorrosion) bzw. durch unterschiedliche Gefügebestandteile (selektive oder interkristalline Korrosion),

• **Elektrolyten:** unterschiedliche Konzentration (z. B. Salzgehalt, Belüftung).

Bei allen Korrosionselementen weisen die anodischen Bereiche stets ein negativeres Metall-/Elektrolyt-Potential auf als die kathodischen Bereiche. Diese Metall-/Elektrolyt-Potentiale werden anhand einer gesättigten Kupfersulfat-Elektrode gemessen, die in der unmittelbaren Nähe des Metalls im oder auf dem Erdreich aufgesetzt wird.

Die Potentialdifferenz bewirkt bei einer metallenen leitenden Verbindung zwischen Anode und Kathode im Elektrolyten einen Gleichstrom, der aus der Anode unter Metallauflösung in den Elektrolyten übertritt und dann in die Kathode wieder eintritt. Für die Abschätzung der mittleren anodischen Stromdichte J_A wird oftmals die nachstehende „Flächenregel“ angewendet:

$$J_A = \frac{U_K - U_A}{S_K} \cdot \frac{A_K}{S_A}$$

J_A mittlere anodische Stromdichte in Am^2

U_A, U_K Anoden- bzw. Kathoden-Potentiale in V

ϕ_K spezifischer Polarisationswiderstand der Kathode in Ωm^2

A_A, A_K Anoden- bzw. Kathoden-Oberflächen in m^2

Der Polarisationswiderstand ϕ entspricht dem Quotient aus der Polarisationsspannung und dem Summenstrom einer Mischelektrode (Elektrode, an der mehr als eine Elektrodenreaktion abläuft). Für eine Abschätzung der Korrosionsgeschwindigkeit lassen sich in der Praxis zwar die treibende Elementspannung $U_K - U_A$ und die Größe der Flächen A_K und A_A annähernd ermitteln, jedoch liegen die Werte für ϕ_A (spezifischer Polarisationswiderstand der Anode) und ϕ_K nicht mit hinreichender Genauigkeit vor. Sie sind abhängig von den Elektrodenwerkstoffen, den Elektrolyten und den anodischen oder kathodischen Stromdichten. Aus bisher vorliegenden Untersuchungsergebnissen kann aber geschlossen werden, dass ϕ_A viel kleiner als ϕ_K ist. Für ϕ_K gilt:

- Stahl im Erdboden: etwa $1 \Omega\text{m}^2$
- Kupfer im Erdboden: etwa $5 \Omega\text{m}^2$
- Stahl im Beton: etwa $30 \Omega\text{m}^2$

Aus der Flächenregel ist jedoch deutlich zu erkennen, dass sowohl an umhüllten Stahlleitungen und Behältern mit kleinen Fehlstellen in der Umhüllung in Verbindung mit Kupfererdmern als auch an Erdungsleitungen aus verzinktem Stahl in Verbindung mit ausgedehnten Erdungsanlagen aus Kupfer oder sehr großen Stahlbetonfundamenten starke Korrosionserscheinungen auftreten. Durch die Wahl geeigneter Werkstoffe lassen sich Korrosionsgefährdungen für Erder verringern

Tafel 1 Übliche Erderwerkstoffe und Mindestabmessungen

Quelle: [4]

Werkstoff	Form	Mindestmaße			Anmerkungen
		Staberder Ø [mm]	Erdleiter	Platten- erder [mm]	
Kupfer	Seil ³⁾		50 mm ²		Minstdurchmesser jedes Seils 1,7 mm 8 mm Durchmesser Mindestdicke 2 mm Mindestwandstärke 2 mm Mindestdicke 2 mm Abschnitt 25 mm x 2 mm, Mindestlänge der Gitterkonstruktion: 4,8 m
	massives Rundmaterial ³⁾	15 ⁸⁾ 20	50 mm ²	500 x 500 600 x 600	
	massives Flachmaterial ³⁾		50 mm ²		
	massives Rundmaterial Rohr massive Platte Gitterplatte				
Stahl	verzinktes massives Rundmaterial ^{1), 2)}		16 ⁹⁾		Ø 10 mm
	verzinktes Rohr ^{1), 2)}	25	90 mm ²		
	verzinktes massives Flachmaterial ¹⁾	14	Ø 10 mm	Mindestdicke 3 mm Abschnitt 30 mm x 3 mm	
	verzinkte massive Platte ¹⁾				
	verzinktes Gitterblech ¹⁾				
	kupferbeschichtetes massives Rundmaterial ⁴⁾				
blankes massives Rundmaterial ⁵⁾		72 mm ²	mindestens 250 µm Kupfereauflage mit 99 % Kupfergehalt		
blankes oder verzinktes massives Flachmaterial ^{5), 6)}		70 mm ²		Mindestdicke 3 mm	
verzinktes Seil ^{5), 6)}					Minstdurchmesser jedes Drahts 1,7 mm
NiRo-Stahl ⁷⁾	massives Rundmaterial	15	Ø 10 mm		Mindestdicke 2 mm
	massives Flachmaterial		100 mm ²		

- 1) Der Überzug muss glatt, durchgehend frei von Flussmittelresten sein, mit einer Mindestdicke von 50 µm für Rundmaterial und 70 µm für Flachmaterial.
- 2) Gewinde müssen vor der Verzinkung geschnitten werden.
- 3) Darf auch verzinkt sein.
- 4) Das Kupfer sollte mit dem Stahl unlösbar verbunden sein.
- 5) Nur zulässig, wenn vollständig in Beton eingebettet.
- 6) Im erdberührenden Teil des Fundaments nur erlaubt, wenn wenigstens alle 5 m eine sichere Verbindung mit der Bewehrung besteht.
- 7) Chrom ≥ 16 %, Nickel ≥ 5 %, Molybdän ≥ 2 %, Kohlenstoff ≥ 0,08 %.
- 8) In einigen Ländern sind 12 mm erlaubt.
- 9) Erdeinführungsstangen werden in einigen Ländern gebraucht, um die Ableiter mit dem Erder zu verbinden.

oder sogar vermeiden. Um eine ausreichende Lebensdauer zu erreichen, müssen Werkstoff-Mindestabmessungen eingehalten werden (Tafel 1).

3 Auswahl der Erderwerkstoffe

Die Tafel 1 zeigt heute übliche Erderwerkstoffe und deren Mindestabmessungen. Ergänzend dazu sind folgende Erläuterungen von Nutzen:

- **Feuerverzinkter Stahl** ist für die Einbettung in Beton geeignet. Die Fundamente, Erdungs- und Potentialausgleichsleitungen aus verzinktem Stahl in Beton dürfen und sollen mit Bewehrungsseisen verbunden werden.
- **Stahl mit Kupfermantel.** Hier gelten für den Mantelwerkstoff die Anmerkungen für blankes Kupfer. Eine Verletzung des Kupfermantels bewirkt jedoch eine starke Korrosionsgefahr für den Stahlkern. Aus diesem Grund muss immer eine lückenlos geschlossene Kupferschicht vorhanden sein.

- **Blankes Kupfer** ist aufgrund seiner Stellung in der elektrolytischen Spannungsreihe sehr beständig. Hinzu kommt, dass es beim Zusammenschluss mit Erden oder anderen Anlagen im Erdboden aus „unedleren“ Werkstoffen (z. B. Stahl) zusätzlich kathodisch geschützt wird, allerdings auf Kosten der „unedleren“ Metalle.
- **Nichtrostende (NiRo) Stähle.** Bestimmte hochlegierte nicht rostende Stähle nach DIN 17440 [5] sind im Erdboden passiv und korrosionsbeständig. Das freie Korrosionspotential von hochlegierten nicht rostenden Stählen in üblich belüfteten Böden liegt in den meisten Fällen in der Nähe des Wertes von Kupfer. Da Erderwerkstoffe aus nicht-rostendem Stahl innerhalb weniger Wochen bei einem Mindestangebot von Sauerstoff an der Oberfläche passivieren, verhalten sich diese zu anderen (edleren und unedleren) Werkstoffen neutral. Edlestähle sollten mindestens 16 % Chrom, 5 % Nickel sowie 2 % Molybdän enthalten. Aufgrund von umfangreichen Messungen hat sich ergeben, dass nur ein hochlegierter Edelstahl, z. B. mit der Werkstoff-Nr. 1.4571, im Erdboden

Mit Sicherheit doppelt profitieren



Wir nehmen Ihr altes Multimeter in Zahlung. Jetzt zu Fluke wechseln!

Aktion gültig vom 1.9. bis 30.11.2010. Nicht kombinierbar mit anderen Aktionen.
Alle genannten Preise zuzüglich 19% Mehrwertsteuer.

Universell mit abnehmbarem Display:
Fluke 233 € 325,- € 275,- Prämie: € 30,-

Der Alleskönner in Labor und Feld:
Fluke 77 IV € 337,- Prämie: € 60,-

Extra robust für raue Umgebungen:
Fluke 27 II € 380,- Prämie: € 80,-

Wasser- und staubdicht, Fallhöhe 3 m:
Fluke 28 II € 411,- Prämie: € 80,-

Leistungsstark und unverwüstlich:
Fluke 83 V € 386,- Prämie: € 80,-

Zum Testen von Motorantrieben:
Fluke 87 V € 472,- Prämie: € 80,-

Für höchste Genauigkeit:
Fluke 287 € 524,- Prämie: € 100,-

Mit Tiefpassfilter und 50-Ω-Bereich:
Fluke 289 € 567,- Prämie: € 100,-

**Alle Details unter:
www.fluke.de/dmm**

Fluke Deutschland GmbH
In den Engematten 14
79286 Glotttartal
Telefon: (069) 2 22 22 02 05
Telefax: (069) 2 22 22 02 06
E-Mail: info@fluke.de
Internet: www.fluke.de

ausreichend korrosionsbeständig ist. Edelhähle ohne Molybdän sind als Erderwerkstoffe nicht geeignet und normativ nicht erlaubt.

4 Zusammenschluss von Erdern

Die bei einem elektrisch leitenden Zusammenschluss von zwei verschiedenen erdverlegten Metallen auftretende Elementstromdichte führt zur Korrosion des als Anode wirkenden Metalls. Sie ist im Wesentlichen vom Verhältnis der Größe der kathodischen Fläche A_K zu der Größe der anodischen Fläche A_A abhängig.

In VDE 0151 [3] ist für die Auswahl der Erderwerkstoffe besonders im Hinblick auf den Zusammenschluss verschiedener Werkstoffe noch folgendes Flächenverhältnis angegeben: Mit stärkerer Korrosion ist erst bei folgenden Flächenverhältnissen zu rechnen:

$$\frac{A_K}{A_A} > 100.$$

Im Allgemeinen kann davon ausgegangen werden, dass der Werkstoff mit dem positiveren Potential zur Kathode wird. Die Anode eines tatsächlich vorliegenden Korrosionselementes kann daran erkannt werden, dass diese nach dem Auftrennen der metallleitenden Verbindung das negativere Potential aufweist. Bei Zusammenschluss mit erdverlegten Anlagen aus Stahl verhalten sich folgende Erdermaterialien in Böden, die eine Deckschicht bilden, immer kathodisch:

- blankes Kupfer,
- verzinnertes Kupfer und
- hochlegierter Edelstahl.

5 Stahlbewehrung von Betonfundamenten

Die Stahlbewehrung von Betonfundamenten kann ein sehr positives Potential (ähnlich wie Kupfer) aufweisen. Die Erder sowie auch die Erdungsleitungen, die unmittelbar mit der Bewehrung großer Stahlbetonfundamente verbunden werden, müssen deshalb aus nicht-rostendem Stahl oder Kupfer sein. Dies gilt vor allem auch für kurze Verbindungsleitungen in unmittelbarer Nähe der Fundamente oder Erdanschlusspunkte.

6 Einbau von Trennfunktenstrecken

Es besteht auch die Möglichkeit, die leitende Verbindung zwischen erdverlegten Anlagen mit stark unterschiedlichen Potentialen durch den Einbau von Trennfunktenstrecken zu unterbrechen. Dann kann im Normfall kein Korrosionsstrom mehr fließen. Beim Auftreten einer Überspannung spricht die

Trennfunktenstrecke an und verbindet die Anlagen für die Dauer der Überspannung miteinander. Bei Schutz- und Betriebserdern dürfen die Trennfunktenstrecken aber nicht installiert werden, da diese Erder immer mit den Betriebsanlagen verbunden sein müssen.

7 Sonstige Korrosionsschutzmaßnahmen

Verbindungsleitungen aus verzinktem Stahl von Fundamentenerdern zu Ableitungen sollen im Beton oder Mauerwerk bis oberhalb der Erdoberfläche geführt werden. Falls die Verbindungsleitungen durch das Erdreich geführt werden, sind Anschlussfahnen mit Kabel NYY, nicht rostendem Stahl oder Erdungsfestpunkte zu verwenden. Innerhalb des Mauerwerks können die Erdleitungen auch ohne Korrosionsschutz hochgeführt werden.

Erdeinführungen aus verzinktem Stahl müssen von der Erdoberfläche aus sowohl 0,3 m nach oben als auch 0,3 m nach unten gegen Korrosion geschützt werden. Bitumen-Anstriche sind im Allgemeinen nicht ausreichend. Schutz bietet eine Umhüllung, z. B. Butyl-Kautschuk-Band oder Schrumpfschlauch, die keine Feuchtigkeit aufnimmt. Die Verwendung von nicht rostendem Stahl ist heute die sinnvollste Lösung.

Unterirdische Anschlüsse und Verbindungen. Schnittflächen und Verbindungsstellen im Erdboden müssen so ausgeführt sein, dass sie in ihrer Korrosionsbeständigkeit der Korrosionsschutzschicht des Erderwerkstoffes gleichwertig sind. Daher sind Verbindungsstellen im Erdreich mit einer geeigneten Beschichtung zu versehen, z. B. mit einer Korrosionsschutzbinde zu umhüllen.

Vermeiden aggressiver Abfälle. Bei dem Verfüllen von Gräben und Gruben, in denen Erder verlegt sind, dürfen Schlacke- und Kohleteile nicht unmittelbar mit dem Erderwerkstoff in Berührung kommen. Gleiches gilt auch für Bauschutt.

Literatur

- [1] DIN EN 50522 (VDE 0101-2):2008-12 Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV.
- [2] DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag.
- [3] DIN VDE 0151 (VDE 0151):1986-06 Werkstoffe und Mindestmaße von Erdern bezüglich der Korrosion.
- [4] Blitzplaner; 2. aktualisierte Auflage, Dehn + Söhne, Neumarkt.
- [5] DIN 17440:2001-03 Nichtrostende Stähle – Technische Lieferbedingungen für gezogenen Draht.
- [6] Müller, K.-P.; Wilhelm, W.: Korrosion von Erdungsanlagen. Sonderdruck Nr. 23 aus Elektrizitätswirtschaft, Heft 18/1991.
- [7] Fundamenterder. Druckschrift DS 162/01.10; Dehn+ Söhne, Neumarkt. ■