

Autor

Dipl.-Ing. (FH) Klaus-Peter Müller,
Norbert Pfister

Produktmanagement Blitzschutz/Erdung,
Dehn + Söhne GmbH + Co. KG, Neumarkt

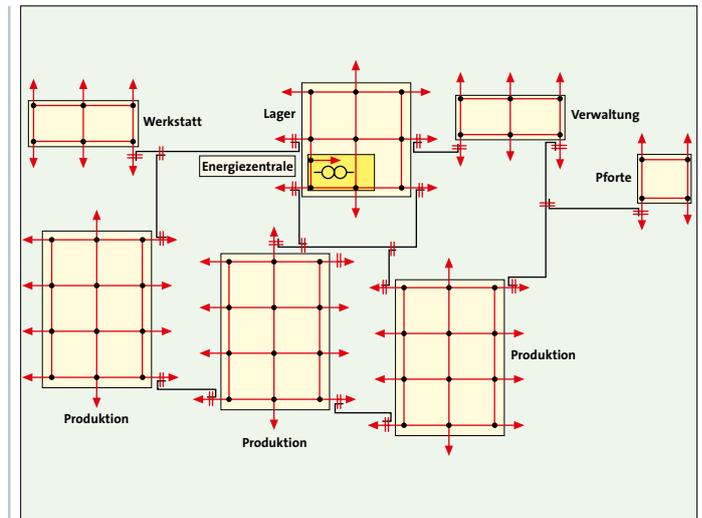


Bild 1: Beispiel für eine vermaschte Erdungsanlage

Aufgaben von Erdungsanlagen

Besondere Berücksichtigung der Korrosion

Eine Erdungsanlage kann vielfältige Aufgaben haben. Aufgabe einer Schutzerdung ist es, elektrische Einrichtungen und Betriebsmittel sicher mit Erdpotential zu verbinden und im Falle eines elektrischen Fehlers für die Sicherheit der Personen und Sachen zu sorgen. Die Blitzschutzerdung sorgt dafür, den Strom sicher von den Ableitungen zu übernehmen und in das Erdreich abzuleiten. Die Funktionserdung hat die Aufgabe, den sicheren und störungsfreien Betrieb von elektrischen und elektronischen Anlagen sicherzustellen.

Die Erdungsanlage einer baulichen Anlage muss für alle Erdungsaufgaben gemeinsam verwendet werden, d.h. die Erdungsanlage nimmt alle Aufgaben der Erdung wahr. Andernfalls können Potentialdifferenzen zwischen den an unterschiedlichen Erdungsanlagen geerdeten Einrichtungen auftreten.

Die Erdung der elektronischen Einrichtung kann im Inneren einer baulichen Anlage sowohl sternförmig als auch vermascht aufgebaut sein. Eine vermaschte Struktur ist jedoch zu bevorzugen. Dies hängt sowohl von der elektromagnetischen Umgebung als auch von den Eigenschaften der elektronischen Einrichtung ab. Besteht eine größere bauliche Anlage aus mehr als einem Gebäude und existieren elektrische und elektronische Verbindungsleitungen zwischen diesen, so kann durch einen Zusammenschluss der einzelnen Erdungssysteme auch der (Gesamt-)Erdwiderstand verkleinert werden (Bild 1). Zusätzlich werden die Potentialdifferenzen zwischen den Gebäuden deutlich verringert. Dabei wird die Spannungsbeanspruchung der elektrischen und elektronischen Verbindungsleitungen deutlich reduziert. Dabei sollte die Verbindung der einzelnen Erdungssysteme der Gebäude untereinander ein Maschennetz ergeben. Die Potentialdifferenzen zwischen den Gebäuden sind im Falle eines Blitzschlages umso geringer, je enger das Maschennetz der Erdung aufgebaut wird. Dies hängt von der Gesamtfläche der baulichen Anlage ab. Als technisch sinnvoll haben sich Maschenweiten von 20 m x 20 m bis zu 40 m x 40 m erwiesen. Sind z.B. hohe Abluftkamine (bevorzugte Blitzschlags-

stellen) vorhanden, dann sollten um den betreffenden Anlagenteil herum die Verbindungen engmaschig ausgeführt werden. Bei der Materialauswahl für die Leiter des Erdungs-Maschennetzes ist die Korrosions- und Materialverträglichkeit zu berücksichtigen.

Korrosionsgefahr für Erder und damit verbundene Anlagen

Metalle, die unmittelbar mit Erdboden oder Wasser (Elektrolyten) in Verbindung stehen, können durch Streuströme, aggressiven Erdboden und Elementbildung korrodieren. Ein Korrosionsschutz durch lückenlose Umhüllung, d.h. 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 aufgehoben wird. Erder aus einem einheitlichen Werkstoff können durch aggressiven Erdboden und durch Bildung von Konzentrationselementen korrosionsgefährdet sein. Die Korrosionsgefährdung hängt vom Werkstoff und von der Art und Zusammensetzung des Bodens ab. In steigendem Maße werden auch Korrosionsschäden durch galvanische Elementbildung festgestellt. Diese Elementbildung zwischen verschiedenen Metallen mit stark unterschiedlichen Metall/Elektrolyt-Potentialen ist schon seit vielen Jahren bekannt. Vielfach noch unbekannt ist jedoch die Erkenntnis, dass auch Bewehrungen von Betonfundamenten zur Kathode eines Elementes werden und damit Korrosion an anderen erdverlegten Anlagen auslösen können.



Bild 2: Korrodierter Erder nach ca. 30 Jahren

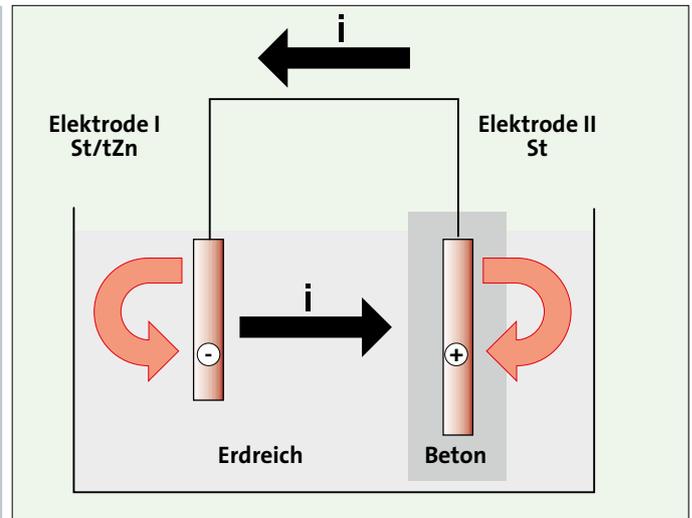


Bild 3: Konzentrationselement Stahl verzinkt im Erdreich / Stahl (schwarz) im Beton [4]

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

Heute wird, um einen Potentialausgleich und damit ein Höchstmaß an Sicherheit gegen zu hohe Berührungsspannungen im 50 Hz-Fehlerfall und bei Blitzeinwirkungen zu erreichen, der Zusammenschluss aller Erder und anderer mit der Erde in Verbindung stehenden metallenen Anlagen angestrebt.

In Hochspannungsanlagen werden in der Regel Hochspannungsschutzerden mit Niederspannungsbetriebserdungen nach DIN VDE 0101 [1] verbunden. Ebenso wird nach DIN VDE 0100–410 [2] das Einbeziehen von Rohrleitungen und anderen Anlagen in die Berührungsschutzmaßnahmen verlangt. Es bleibt demnach nur der Weg, Korrosionsgefährdungen für Erder und andere mit den Erdern in Verbindung stehende Anlagen durch die Wahl von geeigneten Erderwerkstoffen zu vermeiden oder wenigstens zu verringern. Erkenntnisse zu Werkstoffen und Mindestmaßen von Erdern im Hinblick auf Korrosionsgefährdung sind nicht neu, denn seit mehr als zwei Jahrzehnten gibt es die DIN VDE 0151 [3] „Werkstoffe und Mindestmaße von Erdern bezüglich der Korrosion“ bereits. Jahrzehntelange Erfahrungen aus der Erdungstechnik und die Ergebnisse umfangreicher Untersuchungen zeigen, dass die Anforderungen aus DIN VDE 0151 [3] für Erder, auch solche von Blitzschutzanlagen, große Bedeutung hat.

Im Folgenden werden grundlegenden Vorgänge beim Korrosionsgeschehen erläutert und aus diesem Verständnis heraus dann praktische Korrosionsschutzmaßnahmen abgeleitet.

Bildung galvanischer Elemente, Korrosionsvorgänge

Die Korrosionsvorgänge lassen sich deutlich anhand eines galvanischen Elementes erklären. Wird z.B. ein Metallstab in einen Elek-

trolyten getaucht, dann treten positiv geladene Ionen in den Elektrolyten über und umgekehrt werden auch positive Ionen aus dem Elektrolyten von dem Metallverband aufgenommen.

In der Praxis werden die Potentiale der Metalle im Erdboden 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 Stäbe aus verschiedenen Metallen in denselben 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.

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 wie viele Gramm ein Metall in einer bestimmten Zeit abgetragen wird. Für die Praxis interessanter jedoch ist die Vorhersage, ob und in welcher Zeit an Erdern, Stahlbehältern, Rohren usw. Löcher oder Mulden durch Korrosion entstehen. Es ist also von Bedeutung, ob ein flächenmäßiger oder ein punktueller Angriff des Stromes zu erwarten ist. Für den Korrosionsangriff ist nicht die Größe des Korrosionsstromes allein maßgebend, sondern besonders seine Dichte, also der Strom je Flächeneinheit an der Austrittsfläche. Diese Stromdichte lässt sich oft nicht direkt bestimmen. Man behilft sich in diesen Fällen mit Potentialmessungen, an denen man die Höhe der vorhandenen „Polarisation“ ablesen kann. Es sei an dieser Stelle nur kurz auf das Polarisationsverhalten von Elektroden eingegangen. Beim Fall, dass ein im Erdreich befindliches verzinktes Stahlband mit der (schwarzen) Stahlarmierung eines Betonfundamentes verbunden ist können die Potentialdifferenzen nach Tabelle 1 (Werte bei eigenen Messungen festgestellt) gegen die Kupfersulfat-Elektrode auftreten:



Bild 4: Korrosionsbeurteilung Tiefenerder verzinkt (unten) und Tiefenerder hochlegierter Edelstahl (oben), Einbauzeit: 2,5 Jahre

Zwischen diesen beiden ersten Metallen besteht also eine Potentialdifferenz von ca. 600 mV. Werden sie nun außerhalb des Erdreiches verbunden, so fließt ein Strom i im äußeren Kreis vom Betonstahl zum Stahl im Erdreich und von dort zum Bewehrungsstahl. Die Größe des Stromes i hängt nun von der Spannungsdifferenz, vom Leitwert des Erdreiches und 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 heißt Polarisation. Die Stärke der Polarisation ist direkt proportional zur Stromdichte. Polarisationserscheinungen treten nun an der negativen und an der positiven Elektrode auf. Allerdings sind die Stromdichten an beiden Elektroden meistens sehr verschieden.

Ein Beispiel: Isolierte Leitung aus Stahl im Erdreich verbunden mit Erden aus Kupfer

Wenn die isolierte Leitung nur wenige kleine Fehlstellen (kleine Fläche) aufweist, 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 Kupfererden. 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 Polarisationsseigenschaften der Elektroden ab. Die Stärke der Polarisation kann durch Messen der Elektrodenpotentiale bei aufgetrenntem Stromkreis abgeschätzt werden. Man trennt den Kreis auf, um den Spannungsfall im Elektrolyten zu vermeiden. Meistens werden für derartige Messungen schreibende hochohmige Instrumente verwendet, da oft sofort nach der Unterbrechung des Korrosionsstromes eine rasche Depolarisation eintritt. Wird nun eine starke Polarisation an der Anode (der negativeren Elektrode) gemessen (liegt also eine deutliche Verschiebung zu positiveren Potentialen vor), so besteht eine hohe Korrosionsgefahr für die Anode. Gegen eine Kupfersulfat-Elektrode kann, je nach Verhältnis der ano-

dischen zur kathodischen Fläche und der Polarisierbarkeit der Elektroden, ein Potential des zusammenschalteten Elementes zwischen -200 mV und -400 mV gemessen werden (Korrosionselement Stahl (schwarz) im Beton / Stahl verzinkt im Erdreich (Bild 3)). Ist z.B. die Fläche des bewehrten Betonfundamentes sehr groß gegen die Oberfläche des verzinkten Stahldrahtes oder Tiefenerders, dann tritt am letzteren eine hohe anodische Stromdichte auf, so dass er bis nahe an das Bewehrungsstahl-Potential polarisiert und in relativ kurzer Zeit zerstört wird. Eine 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.

Eine Polarisation unter +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 die Polarisation deutliche Korrosionserscheinungen auslöst. Zusammenfassend kann also festgestellt werden: Voraussetzung für die Bildung von Korrosionselementen (galvanische Elemente) ist immer das Vorhandensein von metallen und elektrolytisch leitend verbundenen Anoden und Kathoden.

Anoden und Kathoden entstehen aus:

Werkstoffen:

- Unterschiedliche Metalle oder unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheit eines Metalls (Kontaktkorrosion),
- unterschiedliche Gefügebestandteile (selektive oder interkristalline Korrosion),

Elektrolyten:

- Unterschiedliche Konzentration (z.B. Salzgehalt, Belüftung).

Bei den Korrosionselementen haben die anodischen Bereiche stets ein negativeres Metall/Elektrolyt-Potential als die kathodischen Bereiche. Die Metall/Elektrolyt-Potentiale werden mit einer gesättigten Kupfersulfat-Elektrode gemessen, die in unmittelbarer 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.

Zur Abschätzung der mittleren anodischen Stromdichte J_A wird oft die nachstehende Formel „Flächenregel“ angewendet:

$$J_A = \frac{U_K - U_A}{\varphi_K} \cdot \frac{A_K}{A_A} \text{ in [A/m}^2\text{]}$$

J_A mittlere anodische Stromdichte

U_A, U_K Anoden- / Kathodenspannung in [V]

φ_K spezifischer Polarisationswiderstand der Kathode in [Ωm^2]

A_A, A_K Anoden- / Kathodenoberfläche in [m^2]

Der Polarisationswiderstand j ist der Quotient aus der Polarisationspannung und dem Summenstrom einer Mischelektrode (eine Elektrode, an der mehr als eine Elektrodenreaktion abläuft).

In der Praxis können zwar zur Abschätzung der Korrosionsgeschwindigkeit die treibende Elementspannung $U_K - U_A$ und die Größe der Flächen A_K und A_A annähernd ermittelt werden, die Werte für φ_A (spezifischer Polarisationswiderstand der Anode) und φ_K liegen aber nicht mit hinreichender Genauigkeit vor. Sie sind abhängig von den Elektrodenwerkstoffen, den Elektrolyten und den anodischen oder kathodischen Stromdichten. Aus bisher vorliegenden Untersuchungsergebnissen kann geschlossen werden, dass φ_A viel kleiner als φ_K ist. Für φ_K gilt:

Tabelle 1: Potentialdifferenzen (Werte bei eigenen Messungen festgestellt) gegen die Kupfersulfat-Elektrode

Stahl (schwarz), im Beton	-200 bis -400 mV
Stahl, verzinkt, im Erdreich	-800 bis -900 mV
Stahl, verzinkt, neuwertig	Rund -1000 mV

Stahl im Erdboden	ca. 1 Ωm^2
Kupfer im Erdboden	ca. 5 Ωm^2
Stahl im Beton	ca. 30 Ωm^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 Kupfererdern 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 können Korrosionsgefährdungen für Erder verringert oder sogar vermieden werden. Zur Erzielung einer ausreichenden Lebensdauer müssen die Mindestabmessungen der Werkstoffe eingehalten werden (Tabelle 2).

Auswahl der Erderwerkstoffe

Tabelle 2 zeigt heute übliche Erderwerkstoffe und deren Mindestabmessungen.

■ Feuerverzinkter Stahl

Feuerverzinkter Stahl ist für die Einbettung in Beton geeignet. Fun-

damentender, Erdungs- und Potentialausgleichsleitungen aus verzinktem Stahl in Beton dürfen und sollen mit Bewehrungsseisen verbunden werden.

■ Nichtrostende Stähle

Bestimmte hochlegierte nicht rostende Stähle nach DIN 17440 [5] sind im Erdboden passiv und korrosionsbeständig (Bild 4). 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 nichtrostendem Stahl innerhalb weniger Wochen bei einem Mindestangebot von Sauerstoff an der Oberfläche passivieren, verhalten sich diese zu anderen (edleren und unedleren) Werkstoffen neutral.

Edelstähle sollten mindestens 16 % Chrom, 5 % Nickel und 2 % Molybdän enthalten. Aufgrund von umfangreichen Messungen hat sich ergeben, dass nur ein hochlegierter Edelstahl mit z. B. der Werkstoff-Nr. 1.4571 (V4A) im Erdboden ausreichend korrosionsbeständig ist. Edelstähle ohne Molybdän sind als Erderwerkstoffe nicht geeignet und

Tabelle 2: Heute übliche Erderwerkstoffe und Mindestabmessungen [4]

Werkstoff	Form	Mindestmaße			Anmerkungen
		Staberder Durchmesser in [mm]	Erdleiter	Plattenerder in [mm]	
Kupfer	Seil ³⁾		50 mm ²		Minstdurchmesser jedes Seils 1,7 mm
	Massives Rundmaterial ³⁾		50 mm ²		8 mm Durchmesser
	Massives Flachmaterial ³⁾		50 mm ²		Mindestdicke 2 mm
	Massives Rundmaterial	15 ⁸⁾			
	Rohr	20			Mindestwandstärke 2 mm
	Massive Platte			500 x 500	Mindestdicke 2 mm
	Gitterplatte			600 x 600	Mindestlänge der Gitterkonstruktion 4,8 m
Stahl	Verzinktes massives Rundmaterial ^{1),2)}	16 ⁹⁾	Durchmesser 10 mm		
	Verzinktes Rohr ^{1),2)}	25	90 mm ²		Mindestwandstärke 2 mm
	Verzinktes massives Flachmaterial ¹⁾				Mindestdicke 3 mm
	Verzinkte massive Platte ¹⁾			500 x 500	Mindestdicke 3 mm
	Verzinktes Gitterblech ¹⁾			600 x 600	Abschnitt 30 mm x 3 mm
	Kupferbeschichtetes massives Rundmaterial ⁴⁾	14			Mind. 250 μm Kupferauflage mit 99,9% Kupfergehalt
	Blankes massives Rundmaterial ⁵⁾		Durchmesser 10 mm		Mindestdicke 3 mm
	Blankes oder verzinktes massives Flachmaterial ^{5),6)}		75 mm ²		
	Verzinktes Seil ^{5),6)}		70 mm ²		Minstdurchmesser jedes Drahts 1,7 mm
Nichtrostender Stahl ⁷⁾	Massives Rundmaterial	15	Durchmesser 10 mm		
	Massives Flachmaterial		100 mm ²		Mindestdicke 2 mm

¹⁾ Der Überzug muss glatt durchgehend und frei von Flussmittelresten sein, mit einer Mindestdicke von 50 μm für Rundmaterial und 70 μm für Flachmaterial

²⁾ Gewinde müssen vor der Verzinkung geschnitten sein

³⁾ Darf auch verzinkt sein

⁴⁾ Das Kupfer sollte mit dem Stahl unlösbar verbunden sein

⁵⁾ Nur zulässig, wenn vollständig in Beton eingebettet

⁶⁾ In dem erdberührenden Teil des Fundaments nur erlaubt, wenn wenigstens alle 5 m eine sichere Verbindung in der Bewehrung besteht

⁷⁾ Chrom \geq 16 %, Nickel \geq 5 %, Molybdän \geq 2 %, Kohlenstoff \geq 0,08 %

⁸⁾ In einigen Ländern sind 12 mm erlaubt

⁹⁾ Erdeinführungstangen werden in einigen Ländern gebraucht, um die Ableitung mit dem Erder zu verbinden

normativ nicht erlaubt. Bild 4 macht im Vergleich deutlich, dass hochlegierter Edelstahl von der Korrosion im Erdreich nicht betroffen ist.

■ Blankes Kupfer

Blankes Kupfer ist aufgrund seiner Stellung in der elektrochemischen 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.

Zusammenschluss von Erden aus verschiedenen Werkstoffen

Die bei einem elektrisch leitenden Zusammenschluss von zwei verschiedenen erdverlegten Metallen auftretende Elementstromdichte führt zur Korrosion des als Anode wirkenden Metalls (Tabelle 3). Sie ist im Wesentlichen vom Verhältnis der Größe der kathodischen Fläche A_K zu der Größe der anodischen Fläche A_A abhängig.

Stahlbewehrung von Betonfundamenten

Die Stahlbewehrung von Betonfundamenten kann ein sehr positives Potential (ähnlich wie Kupfer) aufweisen. Erder und Erdungsleitungen (im Erdreich verlegt), die mit der Bewehrung von großen Stahlbetonfundamenten unmittelbar verbunden werden, müssen deshalb aus nichtrostendem Stahl oder Kupfer sein. Dies gilt vor allem auch für kurze Verbindungsleitungen in unmittelbarer Nähe der Fundamente oder Erdanschlusspunkte.

Sonstige Korrosionsschutzmaßnahmen

■ Verbindungsleitungen aus verzinktem Stahl von Fundamentern zu Ableitungen:

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

■ Erdeinführungen:

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 „NIRO“ (V4A) 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. Sind Klemmen und Verbinder inkl. aller Halzteile, Schrauben und Muttern aus nicht rostendem Stahl „NIRO“ (V4A) gefertigt, so kann auf den zusätzlichen Korrosionsschutz verzichtet werden.

■ Aggressive Abfälle:

Beim 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.

Fazit

Zuverlässige Erdungsanlagen sind von fundamentaler Bedeutung. So sorgt die Blitzschutzerdung dafür, den Strom sicher von den Ableitungen zu übernehmen und in das Erdreich abzuleiten. Die Funktioneerdung hat die Aufgabe, den sicheren und störungsfreien Betrieb von elektrischen und elektronischen Anlagen sicher zu stellen. In der praktischen Ausführung gilt es die Grundsätze der DIN VDE-Normen, sowie die wichtigen Hinweise der örtlichen Versorgungsnetzbetreibers zu beachten. Äußerst wichtig ist es, die richtige Materialauswahl für den Erder der Erdungsanlage hinsichtlich der Korrosion zutreffen. Der Einsatz von nicht rostendem Stahl „NIRO“ (V4A) ist dabei nach heutigen Erkenntnissen die beste Lösung.

Die Literaturhinweise zum Beitrag finden Sie Online nach Eingabe des Webcode „TAB007E8“.

Tabelle 3: Potentialwerte und Abtragsraten gebräuchlicher Metalle [4]

	Bezeichnung	Zeichen	Kupfer	Blei	Zinn	Eisen	Zink
1	Freies Korrosionspotential im Erdboden ¹⁾ [V]	$U_{M-Cu/CuSO_4}$	0 bis -0,1	-0,5, bis -0,6	-0,4 bis -0,6 ²⁾	-0,5 bis -0,8 ³⁾	-0,9 bis -1,1 ⁵⁾
2	Kathodisches Schutzpotential im Erdboden ¹⁾ [V]	$U_{M-Cu/CuSO_4}$	-0,2	-0,65	-0,65 ²⁾	-0,85 ⁴⁾	-1,2 ⁵⁾
3	Elektrochemisches Äquivalent [kg/(A x a)]	$K = \Delta m / (I \times t)$	10,4	33,9	19,4	9,1	10,7
4	Lineare Abtragsrate [mm/a] Bei $J = 1 \text{ mA/dm}^2$	$W_{lin} = \Delta s / t$	0,12	0,3	0,27	0,12	0,15

¹⁾ gemessen gegen gesättigte Kupfer/Kupfersulfat-Elektrode (Cu/CuSO₄)

²⁾ Werte werden in z.Z. laufenden Versuchen überprüft; das Potential von verzinnem Kupfer hängt von der Dicke der Zinnauflage ab und liegt bei den bisher üblichen Zinnauflagen von wenigen μm zwischen den Werten von Zinn und Kupfer im Erdboden

³⁾ Diese Werte gelten auch für niedriglegierte Stähle; das Potential von Stahl im Beton (Bewehrungsseisen von Fundamenten) hängt stark von äußeren Einflüssen ab; gemessen gegen eine gesättigte Kupfer/Kupfersulfat-Elektrode beträgt es im Allgemeinen -0,1 bis 0,4 V; bei metallleitender Verbindung mit großflächigen unterirdischen Anlagen aus Metallen mit negativeren Potentialen wird es kathodisch polarisiert und erreicht dann Werte bis zu etwa -0,5 V

⁴⁾ In anaeroben Böden sollte das Schutzpotential -0,95 V betragen

⁵⁾ Feuerverzinkter Stahl, mit einer Zinkauflage nach obiger Tabelle, weist eine geschlossene äußere Reinzinkschicht auf; das Potential von feuerverzinktem Stahl im Erdboden entspricht deshalb etwa dem angegebenen Wert von Zink im Erdboden; bei einem Verlust der Zinkschicht wird das Potential positiver und kann bei deren völligem Abgang den Wert von Stahl erreichen. Für das Potential von feuerverzinktem Stahl in Beton ergeben sich etwa dieselben Anfangswerte; Im Laufe der Zeit kann das Potential positiver werden, positivere Werte als etwa -0,75 V wurden jedoch bisher nicht festgestellt. Stark feuerverzinktes Kupfer mit einer Zinkauflage von mind. 70 μm besitzt ebenfalls eine geschlossene äußere Reinzinkauflage. Das Potential von feuerverzinktem Kupfer im Erdboden entspricht deshalb etwa dem angegebenen Wert von Zink im Erdboden. Bei einer dünneren Zinkschicht oder bei einem Abtrag der Zinkschicht wird das Potential positiver, Grenzwerte sind z.Z. noch unsicher.