

Werkstoffe und Mindestmaße von Erdern bezüglich der Korrosion

DIN
VDE 0151

Diese auch vom Vorstand des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) e.V. genehmigte Norm ist damit zugleich eine VDE-Leitlinie im Sinne von VDE 0022. Sie ist unter obenstehender Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.

Material and minimum dimensions
of earth electrodes with respect to Corrosion

Ersatz für die
im Oktober 1956
zurückgezogene Norm
DIN 57151/VDE 0151/
08.48

Für den Anwendungsbereich dieser Norm bestehen keine entsprechenden regionalen oder internationalen Normen.

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm (VDE-Leitlinie) gilt ab 1. Juni 1986.

Eine Anpassung bestehender Anlagen an die Festlegungen dieser Norm wird nicht gefordert.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	2
2 Begriffe	2
3 Auswahl der Erderwerkstoffe	2
3.1 Eigenschaften und Mindestmaße von Erderwerkstoffen im Hinblick auf die Bodenbeschaffenheit	2
3.2 Zusammenschluß von Erdern aus verschiedenen Werkstoffen und von Erdern mit anderen unterirdischen Anlagen im Hinblick auf die Vermeidung von Korrosionselementen	3
4 Sonstige Korrosionsschutzmaßnahmen und Hinweise	5
5 Prüfungen	7
5.1 Prüfung der Maße des Querschnittes, des Durchmessers und der Dicke	7
5.2 Prüfung der Zinküberzüge auf Stahl	7
5.3 Prüfung der Wanddicke der Ummantelung	7
5.4 Prüfung der Zinnüberzüge auf Kupferdraht.	7
5.5 Prüfung der Zinküberzüge auf Kupferband	7
Zitierte Normen und andere Unterlagen	8
Weitere Normen	9

Fortsetzung Seite 2 bis 10

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für den Korrosionsschutz beim Errichten und Erweitern von Erdern und Erdungsanlagen. Sie gibt allgemeine Hinweise zur Vermeidung bzw. Verringerung der Korrosionsgefahr an Erdern und mit Erdern metalleneitend verbundenen anderen erdverlegten Anlagen.

2 Begriffe

Siehe hierzu auch DIN 30676.

2.1 Anodischer Bereich ist derjenige Bereich einer Metalloberfläche, aus dem ein Gleichstrom in den Erdboden übertritt.

2.2 Bezugselektrode ist eine Meßelektrode zum Bestimmen des Potentials eines Metalles im Erdboden (aus: DIN 30676/10.85). Beim Messen von Wechselspannungen genügt ein Metallstab, beim Messen von Gleichspannungen ist eine unpolarisierbare Elektrode erforderlich (z. B. gesättigte Kupfer/Kupfersulfat-Elektrode).

2.3 Elektrolytlösung ist ein ionenleitendes Medium (z. B. wäßrige Lösungen, Erdboden, Salzschnmelzen).

2.4 Erder ist ein Leiter, der in die Erde eingebettet ist und mit ihr in leitender Verbindung steht oder ein Leiter, der in Beton eingebettet ist, der mit der Erde großflächig in Berührung steht (z. B. Fundamenterder) (aus: [DIN VDE 0141/07.76](#)).

2.5 Erdungsanlage ist eine örtlich abgegrenzte Gesamtheit miteinander leitend verbundener Erder oder in gleicher Weise wirkender Metallteile (z. B. Mastfüße, Bewehrungen, Kabelmetallmäntel) und Erdungsleitungen (aus: [DIN VDE 0141/7.76](#)).

2.6 Kathodischer Bereich ist derjenige Bereich einer Metalloberfläche, in den ein Gleichstrom aus dem Erdboden eintritt.

2.7 Korrosion ist die Reaktion eines metallischen Werkstoffes mit seiner Umgebung, die eine Veränderung des Werkstoffes bewirkt und zu einem Korrosionsschaden führen kann (aus: [DIN VDE 0150/04.83](#)).

2.8 Korrosionselement ist ein galvanisches Element, das bei der Korrosion eines metallischen Werkstoffes im Erdboden wirksam ist und zu einer örtlichen Korrosion führt. Anodische und kathodische Bereiche eines Korrosionselementes werden durch unterschiedliche Art bzw. Zustände der Metalle bzw. des sie umgebenden Erdbodens gebildet (aus: DIN 30676/10.85).

2.9 Korrosionsgefährdung ist die Gefahr einer Beeinträchtigung der Funktion von Erdern, Erdungsanlagen und damit verbundenen erdverlegten metallischen Bauteilen durch Korrosion.

2.10 Korrosionsschaden im Sinne dieser Norm ist die Beeinträchtigung der Funktion von Erdern, Erdungsanlagen und damit verbundenen erdverlegten metallischen Bauteilen durch Korrosion.

2.11 Eigenkorrosion ist der Anteil des Massenverlustes, der an Elektroden in einheitlichen Elektrolytlösungen auftritt und nicht durch einen anodischen Summenstrom (Elementstrom, Streustrom) verursacht wird.

2.12 Kupfer/Kupfersulfat-Elektrode ist eine Bezugselektrode, die aus Kupfer in gesättigter Kupfersulfatlösung besteht. Die Kupfer/Kupfersulfat-Elektrode ist die gebräuchlichste Bezugselektrode für die Potentialmessung im Erdboden (aus: DIN 30676/10.85).

2.13 Metall/Erdboden-Potential (z. B. Rohr/Boden-, Kabel/Boden- oder Erder/Boden-Potential) ist die Gleichspannung zwischen einem Metall und dem umgebenden Erdboden, die mit Hilfe einer Bezugselektrode hochohmig gemessen wird. Das Vorzeichen des Meßwertes wird auf die Polarität des Metalles bezogen, und bei der Angabe des Potentials ist die Bezugselektrode anzugeben.

2.14 Wirksame Elementspannung ist die zwischen den verbundenen Metallen wirksame Spannung, die unmittelbar nach dem Auftrennen der Verbindung gemessen werden kann; sie ist nicht die Differenz der Ruhepotentiale.

3 Auswahl der Erderwerkstoffe

Erderwerkstoffe von Einzelerdern – also ohne metallisch leitfähige Verbindung zu anderen Erdern – sind im Hinblick auf die Bodenbeschaffenheit (Eigenkorrosion) nach Abschnitt 3.1 auszuwählen. Für Erderwerkstoffe von Erdern mit metallisch leitfähiger Verbindung zu anderen Erdern ist das Vermeiden von Korrosionselementen nach [Abschnitt 3.2](#) maßgeblich.

Anmerkung: Bei der Auswahl der Erderwerkstoffe, insbesondere beim Zusammenschluß verschiedener Werkstoffe, sind die Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Korrosionsverhalten von Erderwerkstoffen“¹⁾ zu beachten.

3.1 Eigenschaften und Mindestmaße von Erderwerkstoffen im Hinblick auf die Bodenbeschaffenheit

Zur Erzielung einer angemessenen Lebensdauer von Erdern muß ein hinreichend korrosionsbeständiger Werkstoff verwendet werden. In der [Tabelle 1](#) sind heute übliche Werkstoffe und deren Mindestmaße zusammengestellt.

3.1.1 Feuerverzinkter Stahl ist in fast allen Bodenarten sehr beständig. Der Grund hierfür liegt in den verschiedenartig zusammengesetzten Eisen-Zink-Legierungsschichten und in der nach außen abschließenden Reinzinkschicht, die zur Deckschichtbildung neigt. Voraussetzung für eine angemessene Lebensdauer ist eine ausreichend dicke, poren- und rißfreie Zinkauflage. Aus diesem Grunde ist Bandstahl St 33 nach DIN 17100 in gewalzter Form oder geschnitten mit gerundeten Kanten zu verwenden.

¹⁾ G. Heim: „Korrosionsverhalten von Erderwerkstoffen“, Elektrizitätswirtschaft, Jg. 81 (1982), Heft 25, S. 875 bis 884

Feuerverzinkter Stahl ist auch für die Einbettung in Beton geeignet. Entgegen DIN 1045 dürfen Fundamente, in Beton gebettete Erdungsleitungen, Potentialausgleichsleitungen und Ableitungen für Blitzschutzanlagen aus verzinktem Stahl mit Bewehrungsseisen verbunden werden, wenn an den Verbindungsstellen keine höheren Dauertemperaturen als 40 °C auftreten.

3.1.2 Stahl-Runddraht mit Bleimantel

Blei neigt im Erdboden zu einer guten Deckschichtbildung und ist deshalb in vielen Bodenarten beständig, in stark alkalischer Umgebung (pH-Wert ≥ 10) besteht Korrosionsgefährdung; Blei ist deshalb nicht unmittelbar in Beton zu betten.

Im Erdboden besteht bei Verletzung des Bleimantels Korrosionsgefahr für den Stahlkern. Während diese Korrosionsgefahr bei gut belüfteten Böden, z. B. in Sand, vernachlässigbar ist, kann sie bei schlecht belüfteten Böden, z. B. in Lehm und Ton, groß sein. Im letzteren Fall sollte dieser Werkstoff speziell für Starkstromerder nur dann verwendet werden, wenn auch eine nachträgliche Verletzung des Bleimantels nicht zu erwarten ist.

Es sind nur Stahlkerne aus Vollmaterial mit kreisförmigem Querschnitt zu verwenden.

Wegen der mechanischen Anforderungen sollte der Bleimantel aus Kb-Pb Sb 0,5 oder Kb-Pb Te 0,04 nach DIN 17640 bestehen.

3.1.3 Stahl mit Kupfermantel und Stahl elektrolytisch verkupfert

Für den Mantel- und Beschichtungswerkstoff gilt Abschnitt 3.1.4.1. Eine Verletzung des Kupfermantels bewirkt eine starke Korrosionsgefahr für den Stahlkern, deshalb muß immer eine lückenlos geschlossene Kupferschicht vorhanden sein. Bei Kupplungsstellen von mehrteiligen Tiefenerdern müssen Kupfermäntel oder Kupferauflagen lückenlos und mindestens leitwertgleich durchverbunden sein. Das Metall/Erdboden-Potential des Kupplungswerkstoffes muß gleich dem des Kupfers oder positiver sein.

3.1.4 Kupfer ist wegen der wesentlich besseren elektrischen Leitfähigkeit gegenüber Stahl als Erderwerkstoff in Starkstromanlagen mit hohen Fehlerströmen geeignet.

3.1.4.1 Blankes Kupfer ist im Erdboden im allgemeinen sehr beständig.

3.1.4.2 Kupfer mit Zinn- oder Zinkauflage ist – ähnlich wie blankes Kupfer – im Erdboden im allgemeinen sehr beständig. Für Erder wird verzinn- oder verzinktes Kupfer z. Z. ausschließlich in Seilform, verzinktes Kupfer ausschließlich in Bandform verwendet.

3.1.5 Kupfer mit Bleimantel

Blei neigt im Erdboden zu einer guten Deckschichtbildung und ist deshalb in vielen Bodenarten beständig. In stark alkalischer Umgebung (pH-Wert ≥ 10) besteht jedoch Korrosionsgefährdung. Blei ist deshalb nicht unmittelbar in Beton zu betten. Im Erdboden besteht bei Verletzung des Bleimantels Korrosionsgefahr für den Mantel.

Wegen der mechanischen Anforderungen sollte der Bleimantel aus Kb-Pb Sb 0,5 oder Kb-Pb Te 0,04 nach DIN 17640 bestehen.

3.1.6 Nichtrostende Stähle

Bestimmte hochlegierte nichtrostende Stähle nach DIN 17440 sind im Erdboden passiv und korrosionsbeständig. Das freie Korrosionspotential von hochlegierten nichtrostenden Stählen im üblich belüfteten Boden liegt in den meisten Fällen in der Nähe des Wertes von Kupfer. In der [Tabelle 3](#) ist daher nichtrostender Stahl wie Kupfer zu beurteilen.

Bei der Querschnittsbemessung ist die niedrigere elektrische Leitfähigkeit zu berücksichtigen ($\kappa \approx 1,35 \text{ Sm/mm}^2$). Bei höherem Chloridgehalt im Boden kann es zu Lochfraß kommen, dem durch hochlegierte Stähle mit Molybdän- (z. B. Werkstoff-Nr 1.4571) und erhöhtem Titan-Gehalt entgegengewirkt werden kann.

Anmerkung: Entscheidend für die Korrosionsbeständigkeit von hochlegierten Stählen ist ihre metallisch-blanke Oberfläche, die z. B. durch Beizen erreicht wird.

Anlauffarben und Zunder, z. B. in der Nähe von Schweißnähten, müssen vollständig entfernt sein.

Ob bei Wechselstrombelastungen mit technischen Frequenzen Lochfraß auftreten kann, ist noch nicht geklärt.

3.1.7 Sonstige Werkstoffe

Sonstige Werkstoffe können verwendet werden, wenn sie in bestimmten Umgebungen besonders korrosionsbeständig oder den in der [Tabelle 1](#) aufgeführten Werkstoffen mindestens gleichwertig sind.

3.2 Zusammenschluß von Erdern aus verschiedenen Werkstoffen und von Erdern mit anderen unterirdischen Anlagen im Hinblick auf die Vermeidung von Korrosionselementen

Bei einer metallenen Verbindung zwischen im Erdboden befindlichen Metallen mit unterschiedlichen Metall-/Erdboden-Ruhepotentialen besteht bei ungünstigem Flächenverhältnis S_k/S_a wegen der möglichen wirksamen Elementspannung Korrosionsgefahr für die Metalle mit den negativeren Potentialwerten. Einige Werte für die Ruhepotentiale für im Erdboden gebräuchliche Metalle sind in [Tabelle 2](#) angegeben.

Zu der anodischen Fläche sind alle erdverlegten metallischen Anlagen zu rechnen, die direkten Kontakt mit dem Erdboden besitzen und in bezug auf den jeweilig verwendeten Erderwerkstoff bei einem Zusammenschluß mit diesem ein negativeres Potential aufweisen. Fehlstellen in isolierend umhüllten Stahlrohrleitungen oder Stahlbehältern sind häufig anodische Flächen. Bei der Bestimmung der anodischen Gesamtfläche sind aber auch Stahlspundwände, Stahlspundbohlenschalungen, verzinkter Stahl in Beton sowie Eisenbahngleise in den Bereichen zu berücksichtigen, in denen das durch die Elementbildung entstehende Erdoberflächenpotential noch wesentlichen Einfluß hat.

Die sich bei einem metallenen Zusammenschluß von zwei unterschiedlichen erdverlegten Metallen ergebende Elementstromdichte, die zu einer Korrosionsbelastung der als Anode wirkenden Metalle führt, ist im wesentlichen vom Verhältnis der Größe der kathodischen Fläche S_k zu der Größe der anodischen Fläche S_a abhängig. Mit stärkerem Korrosionsabtrag ist jedoch erst bei