

DIN EN 15280



ICS 23.040.99; 77.060

Ersatz für
DIN CEN/TS 15280:2006-06

**Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom an
erdverlegten Rohrleitungen anwendbar für kathodisch geschützte
Rohrleitungen;
Deutsche Fassung EN 15280:2013**

Evaluation of a.c. corrosion likelihood of buried pipelines applicable to cathodically
protected pipelines;

German version EN 15280:2013

Évaluation du risque de corrosion occasionnée par les courants alternatifs des
canalisations enterrées protégées cathodiquement;

Version allemande EN 15280:2013

Gesamtumfang 43 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN
Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG) im DIN
Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 15280:2013) ist im Technischen Komitee CEN/TC 219 „Kathodischer Korrosionsschutz“ ausgearbeitet worden, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NMP 171 „Korrosion und Korrosionsschutz“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) verantwortlich.

Änderungen

Gegenüber DIN CEN/TS 15280:2006-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) redaktionelle Änderungen;
- b) Benennung von Kriterien und Grenzwerten zur Abschätzung der Wechselstromkorrosion;
- c) Berücksichtigung praktischer Erfahrungen;
- d) Erläuterung des Korrosionsprozesses der Wechselstromkorrosion;
- e) Messverfahren zur Abschätzung der Wechselstromkorrosionsgefährdung.

Frühere Ausgaben

DIN CEN/TS 15280: 2006-06

Deutsche Fassung

Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit durch
Wechselstrom an erdverlegten Rohrleitungen anwendbar für
kathodisch geschützte Rohrleitungen

Evaluation of a.c. corrosion likelihood of buried pipelines
applicable to cathodically protected pipelines

Évaluation du risque de corrosion occasionnée par les
courants alternatifs des canalisations enterrées protégées
cathodiquement

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 5. Juli 2013 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Qualifikation von für den kathodischen Korrosionsschutz geschultem Personal	9
5 Beurteilung der Wechselstrombeeinflussung	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Beurteilung des Beeinflussungsgrades	10
6 Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom	10
6.1 Voraussetzung	10
6.1.1 Allgemeines	10
6.1.2 Wechselspannung der Anlage	11
6.2 Wechselstromdichte und Gleichstromdichte	11
6.2.1 Allgemeines	11
6.2.2 Wechselstromdichte	11
6.2.3 Hohe kathodische Gleichstromdichte	12
6.2.4 Geringe kathodische Gleichstromdichte	12
6.2.5 Verhältnis der Ströme „ $I_{a.c.}/I_{d.c.}$ “	12
6.2.6 Bodenwiderstand	12
6.3 Korrosionsrate	12
6.4 Umhüllungen der Rohrleitung	13
6.5 Beurteilung des Metallverlusts	13
7 Zulässige Beeinflussungen	13
8 Messverfahren	14
8.1 Messungen	14
8.1.1 Allgemeines	14
8.1.2 Auswahl der Messstellenstandorte	14
8.1.3 Auswahl der Messparameter	14
8.1.4 Abtaste für die Aufzeichnung der Beeinflussung	14
8.1.5 Fehlergrenze der Messgeräte	14
8.1.6 Installation der Probebleche oder Messproben zur Berechnung der Stromdichten	14
8.2 Gleichstrompotentialmessungen	15
8.3 Wechselspannungsmessungen	15
8.4 Messungen an Probeblechen und Messproben	15
8.4.1 Installation der Probebleche oder Messproben	15
8.4.2 Strommessungen	16
8.4.3 Messungen der Korrosionsrate	17
8.5 Verfahren zur Bestimmung des Metallverlusts der Rohrleitung	17
9 Maßnahmen zur Reduzierung der Beeinflussung	17
9.1 Allgemeines	17
9.2 Bauliche Maßnahmen	18
9.2.1 Anpassung des Bettungsmaterials	18
9.2.2 Einbau von Isolierstücken	18
9.2.3 Einbau von Ableitkabeln	18
9.2.4 Optimierung der Rohrleitungs- und/oder Stromleitungsstraße	18
9.2.5 Bau der Stromleitung oder Rohrleitung	18
9.3 Betriebliche Maßnahmen	19
9.3.1 Erdung	19
9.3.2 Einstellung des kathodischen Korrosionsschutzes	20
9.3.3 Reparatur von Umhüllungsfehlstellen	20

10	Inbetriebnahme	20
10.1	Inbetriebnahme	20
10.2	Vorabkontrollen	21
10.2.1	Allgemeines	21
10.2.2	Erst-Inbetriebnahme	22
10.2.3	Nachweis der Wirksamkeit	22
10.2.4	Bau- und Inbetriebnahmeunterlagen	22
11	Überwachung und Instandhaltung	23
Anhang A (informativ)	Vereinfachte Beschreibung des Phänomens der Wechselstromkorrosion	24
Anhang B (informativ)	Probebleche und Messproben	26
Anhang C (informativ)	Coulometrische Oxidation	32
Anhang D (informativ)	Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die Wechselstromkorrosion	33
Anhang E (informativ)	Weitere verwendete Kriterien bei Beeinflussung durch Wechselstrom	34
Anhang F (informativ)	Bei der Wahl einer Gleichstrom-Entkopplungseinrichtung zu berücksichtigende Parameter	38
Anhang G (informativ)	Verfahren zur Bestimmung der Position der Referenzelektrode gegen ferne Erde	40
Literaturhinweise		41

Vorwort

Dieses Dokument (EN 15280:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 219 „Kathodischer Korrosionsschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2014, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2014 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt CEN/TS 15280:2006.

Mit diesem Dokument ist die technische Spezifikation CEN/TS 15280:2006 in eine Europäische Norm überführt.

Die Hauptänderung des Dokuments betrifft die anzuwendenden Kriterien bei Wechselstrombeeinflussung an einer Rohrleitung. Während die CEN/TS 15280:2006 eine Sammlung von verschiedenen Erfahrungen im Bereich der Wechselstromkorrosion darstellt, umfasst diese Europäische Norm Kriterien und Grenzwerte in Verbindung mit Erfahrungen, die aus den aktuellsten Daten gewonnen wurden. Verschiedene europäische Länder verfolgen in Abhängigkeit der maßgeblichen Beeinflussungssituation unterschiedliche Ansätze zur Vermeidung von Wechselstromkorrosion. Diese unterschiedlichen Ansätze werden durch zwei verschiedene Möglichkeiten berücksichtigt:

- entweder durch Aufbringung eines „niedrigen“ Einschaltpotentials (schwächer negativ als $-1,2$ V CSE), welche eine gewisse Höhe an Wechselspannung (bis zu 15 V) erlaubt,
- oder bei Anwesenheit eines „hohen“ Einschaltpotentials (stärker negativ als $-1,2$ V CSE, beispielsweise Streustrombeeinflussungen an der Rohrleitung durch Gleichstrom), welche eine Reduzierung der Wechselspannung auf ein möglichst niedriges Maß erforderlich macht.

Diese Europäische Norm umfasst sowohl einige bei der Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom zu berücksichtigende Parameter als auch detaillierte Messtechniken, Schutzmaßnahmen und Maßnahmen, die bei der Inbetriebnahme einer Einrichtung zur Reduzierung der Korrosion durch Wechselstrom durchzuführen sind. Zu bemerken ist, dass in Anhang E weitere Parameter und Grenzwerte vorgeschlagen werden, welche eine weitere Bestätigung auf Grundlage von praktischen Erfahrungswerten erforderlich machen.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für erdverlegte kathodisch geschützte metallische Anlagen, die durch Wechselstrom-Fahrleitungssysteme und/oder Wechselstromleitungen beeinflusst werden.

Eine erdverlegte Rohrleitung (oder Anlage) im Sinne dieses Dokuments ist eine im Boden oder Wasser verlegte Rohrleitung (oder Anlage), wie in EN 12954 festgelegt.

Bei Anwesenheit einer Wechselstrombeeinflussung sind die in EN 12954:2001, Tabelle 1, gegebenen Kriterien nicht ausreichend, um nachzuweisen, dass der Stahl gegen Korrosion geschützt ist.

Diese Europäische Norm liefert Grenzwerte, Messverfahren, Einrichtungen zur Reduzierung der Beeinflussung und Informationen zum Umgang mit Langzeitwechselstrombeeinflussung für Wechselspannungen bei Frequenzen zwischen 16,7 Hz und 60 Hz und zur Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom.

Diese Europäische Norm behandelt die mögliche Wechselstromkorrosion von metallischen Rohrleitungen aufgrund der Wechselstrombeeinflussung der durch Wechselstromsysteme verursachten Streuströme durch induktive, leitende oder kapazitive Kopplung mit Wechselstromnetzen und die maximal zulässigen Grenzwerten dieser beeinflussenden Effekte. Sie berücksichtigt die Tatsache, dass das ein Langzeiteffekt ist, der nur bei normalen Betriebsbedingungen des Wechselstromsystems auftritt.

Diese Europäische Norm behandelt nicht die mit Wechselspannungen an Rohrleitungen verbundenen Sicherheitsaspekte. Diese werden in nationalen Normen und Rechtsvorschriften behandelt (siehe EN 50443).

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 12954:2001, *Kathodischer Korrosionsschutz von metallischen Anlagen in Böden und Wässern — Grundlagen und Anwendung für Rohrleitungen*

EN 13509:2003, *Messverfahren für den kathodischen Korrosionsschutz*

EN 50443, *Auswirkungen elektromagnetischer Beeinflussungen von Hochspannungswechselstrombahnen und/oder Hochspannungsanlagen auf Rohrleitungen*

EN 61010-1, *Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61010-1)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Wechselstrom-Fahrleitungssystem

elektrisches Wechselstromsystem der Bahn, das zur Versorgung von Schienenfahrzeugen mit Energie verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das System kann:

- Fahrleitungssysteme;
- Rückstromführungen von elektrischen Bahnsystemen;
- Laufschiene von nicht-elektrischen Bahnsystemen, die in der Nähe von und leitend verbunden mit Laufschiene eines elektrischen Bahnsystems sind, umfassen.

3.2

Wechselstromversorgungsnetz

elektrisches Wechselstromsystem zur elektrischen Energieübertragung einschließlich Oberleitungen, Kabel, Umspannwerke sowie alle an sie angeschlossenen Geräte

3.3

Wechselstromnetz

elektrisches Wechselstrom-Fahrleitungssystem oder Wechselstromversorgungsnetz

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn eine Unterscheidung erforderlich ist, wird jedes beeinflussende System mit dessen korrektem Begriff klar bezeichnet.

3.4

Kupfer-/Kupfersulfat-Referenzelektrode (CSE)

Referenzelektrode aus Kupfer in einer gesättigten Kupfersulfatlösung

3.5

Wechselspannung

Spannung, die zwischen einer metallischen Anlage und einer Referenzelektrode gegen Erde gemessen wird

3.6

beeinflussendes System

allgemeiner Ausdruck, der ein beeinflussendes Hochspannungswechselstrom-Fahrleitungssystem und/oder ein Hochspannungs-Wechselstromversorgungsnetz umfasst

3.7

beeinflusstes System

System, bei dem die Beeinflussungseffekte auftreten

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Europäischen Norm ist das Rohrleitungssystem das beeinflusste System.

3.8

Rohrleitungssystem

System aus Rohrleitungsnetz mit allen zugehörigen Einrichtungen und Stationen

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Europäischen Norm verweist Rohrleitungssystem nur auf metallische Rohrleitungssysteme.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die zugehörige Einrichtung ist die mit der Rohrleitung elektrisch verbundene Einrichtung.

3.9

Erde

leitfähige Masse der Erde, deren elektrisches Potenzial an jeder Stelle konventionell als Null angenommen wird

[QUELLE: IEC 60050-826:2004-08, 826-04-01]

3.10

Betriebszustand

fehlerfreier Betrieb eines Systems

Anmerkung 1 zum Begriff: Transienten sind nicht als Betriebszustand anzusehen.

3.11

Störfallzustand

unbeabsichtigter Zustand, der durch einen Kurzschluss zur Erde verursacht wird, wobei die Stördauer die normale Ausschaltzeit der Schutzeinrichtungen und Schalter ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Kurzschluss ist eine unbeabsichtigte Verbindung eines spannungsführenden Leiters zur Erde oder zu einem mit der Erde verbundenen metallischen Teil.

3.12

leitende Kopplung

Kopplung, die entsteht, wenn ein Teil des Stromes des beeinflussenden Systems über das beeinflusste System zum System Erde zurückgelangt oder wenn die Spannung zur Bezugserde des Bodens in der Nähe des beeinflussten Gegenstandes wegen einer Störung im beeinflussenden System ansteigt und leitende Spannungen und Ströme verursacht

3.13

induktive Kopplung

Phänomen, bei dem das von einem spannungsführenden Schaltkreis erzeugte Magnetfeld einen anderen Schaltkreis beeinflusst; die Kopplung wird durch die gegenseitige Impedanz beider Schaltkreise quantifiziert und induzierte Spannungen und somit Ströme verursacht, die beispielsweise von den Abständen, der Länge, dem induzierten Strom, der Schaltungsanordnung und der Frequenz abhängen

3.14

kapazitive Kopplung

Phänomen, bei dem das von einem spannungsführenden Leiter erzeugte elektrische Feld einen anderen Leiter beeinflusst; die Kopplung wird durch die Kapazität zwischen den Leitern und den Kapazitäten zwischen jedem Leiter und Erde quantifiziert und Spannungen in leitenden Bauteilen oder in Leitern, die von der Erde isoliert sind, verursacht; diese Spannungen hängen beispielsweise von der Spannung des beeinflussenden Systems, den Abständen und der Schaltungsanordnung ab

3.15

Beeinflussung

Phänomen, das durch leitende, kapazitive, induktive Kopplung zwischen Systemen entsteht und das Fehlfunktionen, gefährliche Spannungen, Schäden usw. verursachen kann

3.16

Störgröße

Fehlfunktion einer Einrichtung, die ihre Fähigkeit verliert, für die Dauer der Beeinflussung korrekt zu arbeiten

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Störung verschwindet, beginnt das beeinflusste System jedoch wieder, ohne Eingriff von außen, korrekt zu funktionieren.

3.17

Schaden

dauerhafte Qualitätsminderung der Leistungsfähigkeit, die das beeinflusste System erleiden kann

BEISPIEL Löcher in der Umhüllung, Lochfraß im Rohr, Löcher im Rohr, dauerhafte Fehlfunktion der an die Rohre angeschlossenen Einrichtungen, usw.

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Qualitätsminderung der Leistungsfähigkeit könnte auch das vollständige Aussetzen der Leistung zur Folge haben.

3.18

Gefahr

Zustand des beeinflussten Systems, der eine Bedrohung für Menschenleben darstellen kann

3.19

Beeinflussungssituation

größter Abstand zwischen dem Rohrleitungssystem und dem Wechselstromnetz, bei dem eine Beeinflussung in Betracht gezogen wird

3.20

Beeinflussungsspannung

Spannung, die im beeinflussten System durch leitende, induktive oder kapazitive Kopplung mit dem in unmittelbarer Nähe vorhandenen beeinflussenden System zwischen einem gegebenen Punkt und der Erde oder über eine isolierende Verbindung verursacht wird

3.21

Spannungsabfall

Spannung, die durch Ströme in einem Elektrolyt, wie z. B. dem Boden, zwischen der Referenzelektrode und dem Metall der Anlage nach dem Ohmschen Gesetz verursacht wird

3.22

IR-freies Potential

$E_{IR \text{ free}}$

Potential zwischen Anlage und Elektrode, das ohne den durch den Schutzstrom oder einen anderen Strom erzeugten Spannungsabfall verursachten Spannungsfehler gemessen wird

3.23

Ausschaltpotential

E_{OFF}

Potential zwischen Anlage und Elektrode, das unmittelbar nach der gleichzeitigen Unterbrechung aller Quellen des angelegten kathodischen Schutzstromes gemessen wird

3.24

Einschaltpotential

E_{ON}

Potential zwischen Anlage und Elektrode, das bei fließendem kathodischem Schutzstrom gemessen wird

3.25

Ausbreitungswiderstand

ohmscher Widerstand durch einen Umhüllungsschaden gegen Erde oder von der freigelegten metallischen Oberfläche eines Probebleches gegen Erde

Anmerkung 1 zum Begriff: Das ist der Widerstand, der den Gleichstrom oder Wechselstrom durch einen Umhüllungsschaden oder eine freigelegte metallische Oberfläche eines Probebleches bei einer bestimmten Gleichspannung oder Wechselspannung steuert.

3.26

Probeblech

repräsentative Metallprobe mit bekannten Abmessungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Probeblech kann mit der Rohrleitung elektrisch verbunden sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Beispiele für Probebleche sind Anhang B zu entnehmen.

3.27

Messprobe

Einrichtung einschließlich Probeblech, die die Messungen der Schlüsselparameter ermöglicht, um das Korrosionsrisiko zu beurteilen

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für Messproben sind Anhang B zu entnehmen.

4 Qualifikation von für den kathodischen Korrosionsschutz geschultem Personal

Personal, das die Planung, die Aufsicht der Installation, die Inbetriebnahme, die Aufsicht des Betriebs, Messungen, Überwachung und Aufsicht der Wartung von kathodischen Korrosionsschutzsystemen durchführt, muss für die durchzuführenden Aufgaben einen entsprechenden Qualifikationsgrad erworben haben.

EN 15257 enthält geeignete Verfahren zur Beurteilung des Qualifikationsgrades von für den kathodischen Korrosionsschutz geschultem Personal, die angewendet werden dürfen.

Der für die durchzuführenden Aufgaben geeignete Qualifikationsgrad von für den kathodischen Korrosionsschutz geschultem Personal sollte durch eine Bescheinigung in Übereinstimmung mit den Qualifikationsverfahren wie z. B. EN 15257 oder mit einem anderen gleichwertigen Verfahren nachgewiesen werden.

5 Beurteilung der Wechselstrombeeinflussung

5.1 Allgemeines

Diese Europäische Norm gilt für alle metallischen Rohrleitungen und alle Hochspannungswechselstrom-Fahrleitungssysteme und Hochspannungsanlagen sowie für sämtliche maßgebenden Modifikationen, die den Beeinflussungseffekt signifikant verändern können.

Folgende Auswirkungen werden in EN 50443 berücksichtigt:

- a) Gefahren für Personen, die mit der metallischen Rohrleitung direkt oder über leitende Teile oder angeschlossene Einrichtungen in Kontakt kommen;
- b) Schäden an der Rohrleitung oder an den angeschlossenen Einrichtungen;
- c) Störgrößen der an die Rohrleitung angeschlossenen elektrischen/elektronischen Einrichtungen.

Am Rohrleitungsnetz installierte elektrische/elektronische Systeme müssen so ausgewählt werden, dass sie weder zu einer Gefahr werden können noch aufgrund kurzzeitiger Spannungen und Ströme, die bei Kurzschlüssen an Wechselstromnetzen auftreten, die normalen Betriebsbedingungen beeinträchtigen.

Langzeitwechselstrombeeinflussung kann an erdverlegten Rohrleitungen aufgrund eines Stromflusses zwischen der an der Rohrleitung freigelegten Metalloberfläche und dem umgebenden Elektrolyt Korrosion verursachen.

Dieser Stromfluss hängt von der Wechselspannung ab, deren Amplitude von verschiedenen Parametern abhängig ist, wie z. B. von:

- der Konfiguration der Phasenleiter der Wechselstromleitung;
- dem Vorhandensein und der Ausführung des Schutzleiters;
- dem Abstand zwischen Wechselstromleitung/Fahrleitungssystem und Rohrleitung;
- dem in den Wechselstromleitungs-/Fahrleitungssystem-Phasenleitern fließenden Strom;
- dem mittleren Umhüllungswiderstand der Rohrleitung;
- der Umhüllungsdicke;
- dem Bodenwiderstand;
- dem Vorhandensein von Erdungssystemen;
- der Spannung des Wechselstrom-Fahrleitungssystems oder des Wechselstromleitungssystems.

5.2 Beurteilung des Beeinflussungsgrades

Berechnungen zur Bestimmung der Erdungserfordernisse, die notwendig sind, um Berührungsspannungen auf einem akzeptablen Sicherheitsniveau zu halten, können in Übereinstimmung mit EN 50443 durch mathematische Modellierung durchgeführt werden. Die Ergebnisse können auch dazu verwendet werden, die zur Reduzierung der Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom erforderlichen Spannungen zu bestimmen.

Während der Planungsphase neuer beeinflussender Anlagen (Stromleitung oder Bahnlinie) oder einer neuen beeinflussten Anlage (Rohrleitungen) sollte zur Abschätzung die Höhe der Wechselspannung an der Rohrleitung berechnet werden. Die Berechnungen zur Bestimmung der Höhe der an der Rohrleitung erzeugten Spannung können mithilfe mathematischer Modellierung erfolgen. Bei bereits existierenden Anlagen kann die Berechnung auch in Verbindung mit Feldmessungen angewendet werden.

Entsprechend den berechneten Ergebnissen oder Feldmessungen sollten maßgebende Schutzmaßnahmen an den beeinflussenden Systemen und/oder an dem beeinflussten System installiert werden, um die relevante Wechselspannung zu begrenzen, damit die Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom reduziert wird (siehe Abschnitt 7).

Anleitungen zur Berechnung der durch ein Wechselstromnetz in einer Anlage verursachten Wechselspannung sind in CIGRE's Technical Brochure No. 95 in 1995 veröffentlicht [1]. Der Algorithmus bestimmt die Bedingungen für den ungünstigsten Fall für die bei der Berechnung verwendeten Eingangsparameter.

Aufgrund instationärer Lastübertragungen an Wechselstromnetzen sind die Werte von Betriebsstromraten in Stromleitungen variabel. Die Schwankungen hängen von täglichen und saisonalen Veränderungen ab. Die Eingangsdaten für Berechnungszwecke sollten auf realistischen Betriebsbedingungen oder auf der größten Wirklast des beeinflussenden Systems basieren.

ANMERKUNG Die Durchführung von Berechnungen mit Eingangsdaten, die auf beiden Herangehensweisen beruhen (d. h. realistische Betriebslasten und größte Wirklast) hilft, den Bereich zwischen beiden Ergebnissen abzuschätzen und das beste Verfahren der Schadenminderung auszuwählen.

6 Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom

6.1 Voraussetzung

6.1.1 Allgemeines

Die treibende Kraft für die auf der Stahloberfläche an Umhüllungsfehlstellen stattfindende Wechselstromkorrosion ist die Wechselspannung an einer Rohrleitung. Unter anderem hängt der Korrosionsschaden von der Wechselstromdichte, der Gleichstrompolarisation, der Fehlstellengeometrie, der lokalen Zusammensetzung des Bodens und vom Bodenwiderstand ab (Anhang D).

Es existieren drei verschiedene Ansätze, um Wechselstromkorrosion zu verhindern: einer, um den durch einen Umhüllungsfehlstellen fließenden Strom zu begrenzen, einer, um den kathodischen Schutz zu steuern und ein weiterer, um sicherzustellen, dass die Umhüllungen fehlerfrei bleiben. Diese Ansätze schließen sich gegenseitig nicht aus.

Die Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom sollte mit einigen oder mit allen folgenden Parametern durchgeführt werden:

- Wechselspannung der Anlage;
- Einschaltpotential;
- IR-freies Potential;
- Wechselstromdichte;

- Gleichstromdichte;
- Wechselstromdichte/Gleichstromdichte-Verhältnis;
- Bodenwiderstand;
- Korrosionsrate.

Anhänge B, C und E liefern weitere Informationen.

6.1.2 Wechselspannung der Anlage

Die zulässigen Grenzwerte für Wechselspannung (siehe Abschnitt 7 und Anhang E) hängen von der gewählten Strategie zum Schutz vor Wechselstromkorrosion ab. Somit kann eine bestimmte Beeinflussungssituation an der Rohrleitung die Entscheidung bezüglich der anwendbaren Strategie beeinflussen.

6.2 Wechselstromdichte und Gleichstromdichte

6.2.1 Allgemeines

Der kathodische Korrosionsschutz und die Wechselstromkorrosion werden beide durch die Wechselstromdichte und die Gleichstromdichte an einer Umhüllungsfehlstelle geregelt. Daher sind sie verlässlichere Parameter zur Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom als das Potential oder die Wechselspannung. Allerdings kann die Stromdichte im Gegensatz zu den an der Rohrleitung vorhandenen Spannungen nicht so leicht bestimmt werden. Prinzipiell kann die Stromdichte aus dem Ausbreitungswiderstand, der Geometrie der Umhüllungsfehlstelle und der Wechselspannung berechnet werden. Diese Berechnung ist im Allgemeinen nicht möglich, weil die Geometrie der Umhüllungsfehlstelle und seine Oberfläche nicht immer bekannt sind. Darüber hinaus kann die Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes den Ausbreitungswiderstand und somit die Stromdichte bei einer bestimmten Spannung maßgebend verändern.

Die Stromdichte kann nur mithilfe von Probestreifen oder Messproben bewertet werden. Bei der Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom mithilfe eines Probestreifens oder einer Messprobe müssen die Anwendungsgrenzen dieses Verfahrens berücksichtigt werden. Die Berechnung der Stromdichte mithilfe eines Oberflächenbereichs eines metallischen Probestreifens oder einer Messprobe sowie mithilfe des an einem Probestreifen oder an einer Messprobe gemessenen Stromes wird über die gesamte Oberfläche des Probestreifens oder der Messprobe gemittelt. Die Stromverteilung auf dem Probestreifen oder auf der Messprobe kann jedoch in Abhängigkeit von dessen/deren Geometrie variieren. Typischerweise sind die Stromdichten an den Rändern des Probestreifens oder der Messprobe höher als der über die gesamte Oberfläche gemittelte Strom. Darüber hinaus kann die häufig beobachtete Bildung von Kalkschichten die wirksame Oberfläche des Probestreifens oder der Messprobe reduzieren. Dieser Effekt führt weiterhin zu einer Unterschätzung der Stromdichte.

6.2.2 Wechselstromdichte

Die Wechselstromdichte verursacht eine anodische und kathodische Ladungsübertragung. Anhang A enthält eine detaillierte Erläuterung der Ladungsübertragung. Dieser Strom kann beim Aufladen der Doppelschichtkapazität an der Stahloberfläche, bei der Oxidation von Wasserstoff (hat einen verringerten pH-Wert zur Folge), bei der Oxidation von Korrosionsprodukten und bei der Oxidation von Metall verbraucht werden. Die Oxidation von Metall verursacht einen Korrosionsprozess. Im Allgemeinen führt eine ansteigende Wechselstromdichte zu einer verstärkten Metalloxidation und zu höheren Korrosionsraten. Allerdings ist der anodische Strom nicht der einzige Strom, der den Korrosionsprozess beeinflussen kann. Der kathodische Strom kann die gebildeten Oxidschichten reduzieren und den pH-Wert auf der Metalloberfläche erhöhen.

Hohe Wechselstromdichten verursachen nicht notwendigerweise eine Wechselstromkorrosion, wenn die durch die Metalloberfläche dringenden Ladungen bei anderen Reaktionen als die Oxidation des Metalls und Reduktion der Oxidschichten verbraucht werden. Das tritt bei niedrigen kathodischen Gleichstromdichten auf. Demzufolge muss für die Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom aufgrund der Wechselstromdichte zusätzlich die kathodische Gleichstromdichte berücksichtigt werden.

Trotzdem gibt es einen empirisch ermittelten unteren Grenzwert für die Wechselstromdichte, bei dessen Unterschreiten die Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom extrem niedrig ist (siehe Abschnitt 7).