

DIN EN ISO 15589-1



ICS 75.200

**Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie –
Kathodischer Korrosionsschutz für Rohrleitungssysteme –
Teil 1: Rohrleitungen an Land (ISO 15589-1:2015);
Deutsche Fassung EN ISO 15589-1:2017**

Petroleum, petrochemical and natural gas industries –
Cathodic protection of pipeline systems –
Part 1: On-land pipelines (ISO 15589-1:2015);
German version EN ISO 15589-1:2017

Industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel –
Protection cathodique des systèmes de transport par conduites –
Partie 1: Conduites terrestres (ISO 15589-1:2015);
Version allemande EN ISO 15589-1:2017

Gesamtumfang 102 Seiten

DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG)
DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas)
DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 15589-1 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries“, Unterkomitee SC 2 „Pipeline transportation systems“, der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 15589-1:2017 durch das Technische Komitee CEN/TC 219 „Kathodischer Korrosionsschutz“ übernommen, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 109-00-02 AA „Fernleitungssysteme — Spiegelausschuss zu ISO/TC 67/SC 2“ im DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG).

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen.

IEC 60079-10-1	siehe DIN EN 60079-10-1
IEC 60529	siehe DIN EN 60529
IEC 62305-4	siehe DIN EN 62305-4
ISO 8044	siehe DIN EN ISO 8044
ISO 10012	siehe DIN EN ISO 10012
ISO 15589-2	siehe DIN EN ISO 15589-2
ISO 21809 (all parts)	siehe DIN EN ISO 21809 (alle Teile)

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60079-10-1, *Explosionsgefährdete Bereiche — Teil 10-1: Einteilung der Bereiche — Gasexplosionsgefährdete Bereiche*

DIN EN 60529, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*

DIN EN 62305-4, *Blitzschutz — Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen*

DIN EN ISO 8044, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Grundbegriffe*

DIN EN ISO 10012, *Messmanagementsysteme — Anforderungen an Messprozesse und Messmittel*

DIN EN ISO 15589-2, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Kathodischer Schutz für Transportleitungssysteme — Teil 2: Offshore-Pipelines*

DIN EN ISO 21809 (alle Teile), *Erdöl und Erdgasindustrie — Umhüllungen für erd- und wasserverlegte Rohrleitungen in Transportsystemen*

Deutsche Fassung

Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie - Kathodischer
Korrosionsschutz für Rohrleitungssysteme - Teil 1:
Rohrleitungen an Land (ISO 15589-1:2015)

Petroleum, petrochemical and natural gas industries -
Cathodic protection of pipeline systems - Part 1: On-
land pipelines (ISO 15589-1:2015)

Industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz
naturel - Protection cathodique des systèmes de
transport par conduites - Partie 1: Conduites terrestres
(ISO 15589-1:2015)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. August 2017 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 CEN-CENELEC-Management-Zentrum 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, 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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Symbole und Abkürzungen	13
4.1 Symbole	13
4.2 Abkürzungen	14
5 Qualifikation von Personal für den kathodischen Korrosionsschutz	15
6 Schutzkriterium	15
6.1 Allgemeines	15
6.2 Schutzpotentiale	16
6.3 Alternative Verfahren	17
6.3.1 100 mV kathodische Potentialverschiebung	17
6.3.2 Andere Verfahren	18
6.4 Kriterien bei Vorhandensein von Wechselstrom	18
7 Voraussetzungen für die Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes	18
7.1 Allgemeines	18
7.2 Elektrische Längsleitfähigkeit	18
7.3 Elektrische Trennung	19
7.3.1 Allgemeines	19
7.3.2 Einbauorte	19
7.3.3 Isolierstücke	20
7.3.4 Innenkorrosionsrisiko an Isolierstücken	21
7.3.5 Kontakte zwischen metallischen Objekten	22
7.3.6 Elektrisches Erdungssystem	22
7.4 Blitz- und Überspannungsschutz	23
7.5 Umhüllung	24
7.5.1 Allgemeines	24
7.5.2 Werksseitige Umhüllungen	24
7.5.3 Nachumhüllungen der Schweißnähte	24
7.5.4 Beschichtung für grabenlos verlegte Rohrleitungen	24
7.5.5 Boden-Luft-Übergang	25
7.5.6 Kompatibilität von Beschichtungen und Umhüllungen mit dem kathodischen Korrosionsschutz	25
7.5.7 Wärmedämmung	25
7.5.8 Armierte Betonummantelung	26
7.6 Auswahl der Bettungsmasse für den Rohrgraben	26
7.7 Mantelrohre für Rohrleitungen	26
7.7.1 Allgemeines	26
7.7.2 Mantelrohre, die den Schutzstrom abschirmen	27
7.7.3 Mantelrohre, die Schutzstrom durchleiten	27
7.8 Ausrüstung zur Reduzierung der Wechselspannungsbeeinflussung	28

7.9	Ausrüstung zur Reduzierung der Gleichstrombeeinflussung.....	28
8	Grundlegende Anforderungen an die Planung des kathodischen Korrosionsschutzes.....	28
8.1	Allgemeines	28
8.2	Grundlegende Informationen für die Planung des kathodischen Korrosionsschutzes	28
8.3	Inhalt des Planungsberichts zum kathodischen Korrosionsschutz.....	30
8.4	Schutzstrombedarf	31
8.4.1	Berechnung des theoretischen Gesamtstrombedarfs.....	31
8.4.2	Strombedarf auf der Grundlage der Umhüllungsfaktoren.....	31
8.4.3	Strombedarf basierend auf den Stromdichtewerten für umhüllte Rohrleitungen.....	32
8.5	Ausrüstung für den kathodischen Korrosionsschutz.....	33
8.5.1	Kabel	33
8.5.2	Kabelverbindung.....	35
8.5.3	Schutzmaßnahmen in Bezug auf Verteilerkästen und Messstellen.....	36
8.6	Temporärer Schutz.....	37
8.7	Sonderfall bestehender Rohrleitungen.....	38
8.7.1	Allgemeines	38
8.7.2	Parallele Rohrleitungen.....	38
8.7.3	Parallelführung oder Kreuzung mit Wechselstromnetzen.....	38
8.8	Grabenlose Verlegeverfahren.....	39
9	Fremdstromschutzanlagen.....	39
9.1	Allgemeines	39
9.2	Stromversorgung.....	40
9.3	Anodenfelder	41
9.3.1	Allgemeines	41
9.3.2	Tiefenanodenfelder	41
9.3.3	Flachbettanodenfelder	42
9.3.4	Fremdstromanoden und leitfähige Bettungsmasse	43
9.4	Steuerung der Stromabgabe.....	44
9.4.1	Allgemeines	44
9.4.2	Stromverteilung für mehrere Rohrleitungen	45
9.4.3	Potentialsteuerung	45
10	Galvanische Anodenanlagen	46
10.1	Allgemeines	46
10.2	Planungsanforderungen	46
10.3	Zink-Anoden.....	47
10.4	Magnesium-Anoden.....	48
10.5	Planung des Anodensystems.....	50
10.6	Anodenbettungsmasse	52
10.7	Kabel und Kabelverbindungen.....	52
10.8	Anodeninstallation	52
11	Inspektionseinrichtungen.....	52
11.1	Allgemeines	52
11.2	Orte der Messstellen.....	52
11.3	Beschreibung von Messstellen	54
11.4	Nutzung von Messproben und Probestücken	54
11.5	Verbindung zu anderen Rohrleitungen.....	54
11.6	Messstellen an Mantelrohrkreuzungen.....	54
11.7	Prüfeinrichtungen an Isolierstücken.....	55
11.8	Messstellen zur Inspektion des Rohrstroms	55
11.9	Messstellen für Einspeisepunkte.....	55
11.10	Sonstige Inspektionseinrichtungen.....	55
12	Inbetriebnahme	55
12.1	Allgemeines	55

12.2	Vorprüfungen.....	56
12.3	In Betrieb setzen	57
12.3.1	Fremdstromschutzanlagen	57
12.3.2	Galvanische Anoden	58
12.3.3	Streustromableitungsanlagen	58
12.3.4	Messstellen.....	58
12.4	Prüfung der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes.....	59
12.4.1	Allgemeines	59
12.4.2	Messung des Potentials- und der Wechselspannung	59
12.4.3	Strommessungen	59
12.4.4	Anpassungen	59
12.5	Inbetriebnahmebericht.....	60
12.5.1	Installationsdokumentation.....	60
12.5.2	Inbetriebnahmемessungen.....	60
13	Inspektion und Wartung.....	61
13.1	Allgemeines	61
13.2	Implementierung der Inspektion	62
13.3	Inspektionsintervalle.....	62
13.4	Ferninspektion	65
13.5	Spezielle Untersuchungen.....	65
13.6	Inspektionsplan	65
13.7	Messeinrichtungen.....	66
13.8	Instandhaltung und Instandsetzung.....	67
14	Dokumentation	67
14.1	Planungsdokumentation	67
14.1.1	Allgemeines	67
14.1.2	Konstruktionsdetails und Installationsverfahren	68
14.2	Dokumentation der Inbetriebnahme.....	69
14.3	Betriebs- und Instandhaltungsdokumentation.....	69
14.3.1	Allgemeines	69
14.3.2	Inspektionsdaten.....	70
14.3.3	Instandhaltungsprotokolle	70
Anhang A (normativ) Messungen zum kathodischen Korrosionsschutz		71
Anhang B (normativ) Elektrische Beeinflussung.....		81
Anhang C (informativ) Fehlererkennung an Fremdstromschutzsystemen während des Betriebs		85
Anhang D (informativ) Beschreibung spezieller Untersuchungen		87
Anhang E (informativ) Berechnung des Potentialverlaufs in Folge des Längsspannungsabfalls in der Rohrleitung		95
Anhang F (informativ) Elektrische Prüfung von Isolierstücken vor Installation		98
Literaturhinweise.....		99

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 15589-1:2015 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 15589-1:2017 durch das Technische Komitee CEN/TC 219 „Kathodischer Korrosionsschutz“ übernommen, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis März 2018, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2018 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 15589-1:2015 wurde von CEN als EN ISO 15589-1:2017 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: Foreword - Supplementary information.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 67, *Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries*, Unterkomitee SC 2, *Pipeline transportation systems*.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 15589-1:2003), die technisch überarbeitet wurde, mit den folgenden Änderungen:

- die Kriterien des kathodischen Korrosionsschutzes wurden durch weitere klärende Informationen zur Anwendung der Kriterien erweitert,;
- die Konstruktionsanforderungen wurden ausführlicher beschrieben und die Wiederholungsintervalle für die Inspektion kathodischer Systeme wurden erweitert. Darüber hinaus wurde die Option der Ferninspektion hinzugefügt;
- die Anforderungen für Messungen und Prüfungen während der Inbetriebnahme wurden ausführlicher beschrieben.

ISO 15589 besteht aus den folgenden Teilen unter dem allgemeinen Titel *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Cathodic protection of pipeline systems*:

- Teil 1: *On-land pipelines*
- Teil 2: *Offshore pipelines*

Einleitung

Der kathodische Korrosionsschutz von Rohrleitungen wird durch die Einspeisung einer ausreichenden Menge von Gleichstrom in die äußere Oberfläche von Rohrleitungen erreicht, sodass das Stahl/Elektrolyt-Potential auf Werte abgesenkt ist, bei denen die Außenkorrosion auf eine vernachlässigbare Geschwindigkeit reduziert wird.

Der kathodische Korrosionsschutz wird normalerweise in Kombination mit einem geeigneten Umhüllungssystem angewendet, um die äußere Oberfläche von Stahl-Rohrleitungen vor Korrosion zu schützen.

Anwender dieses Teils von ISO 15589 werden darauf hingewiesen, dass weitere oder andere Anforderungen für individuelle Anwendungen erforderlich sein können. Dieser Teil von ISO 15589 dient nicht dazu, die Nutzung anderer Geräte oder technischer Lösungen für einzelne Anwendungen einzuschränken. Dies gilt insbesondere im Fall neuer oder weiterentwickelter Technologien. Falls eine Alternative angeboten wird, müssen alle Abweichungen von diesem Teil von ISO 15589 identifiziert und dokumentiert werden.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 15589 legt Anforderungen fest und enthält Empfehlungen hinsichtlich Voruntersuchungen, Konstruktion, Werkstoffen, Ausrüstung, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb, Inspektion und Instandhaltung von kathodischen Korrosionsschutzsystemen für Rohrleitungen an Land, wie sie in ISO 13623 oder EN 14161 für die Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie und in EN 1594 oder EN 12007-1 und EN 12007-3 für die Gasversorgungsindustrie in Europa festgelegt sind.

Der gesamte Inhalt dieses Teils von ISO 15589 ist anwendbar auf Rohrleitungen an Land und Rohrleitungssysteme, die in anderen Industriezweigen verwendet werden und andere Medien transportieren, wie industrielle Gase, Wässer oder Schlämme.

Dieser Teil von ISO 15589 gilt für erdverlegte Rohrleitungen, Anlandungen von Offshore-Rohrleitungsabschnitten, die durch kathodische Korrosionsschutzanlagen an Land geschützt sind, sowie für in Gewässern liegende Abschnitte von Rohrleitungen an Land, wie bei Fluss- oder Seeüberquerungen.

Dieser Teil von ISO 15589 legt Anforderungen an Rohrleitungen aus unlegiertem Stahl, nichtrostendem Stahl, Gusseisen, verzinktem Stahl oder Kupfer fest. Werden andere Rohrleitungswerkstoffe eingesetzt, werden die anzuwendenden Kriterien unter der Verantwortung des Rohrleitungs-Betreibers festgelegt.

Dieser Teil von ISO 15589 gilt nicht für Rohrleitungen aus Stahlbeton, für die die Norm EN 12696 angewendet werden kann.

ANMERKUNG Besondere Bedingungen treten gelegentlich auf, bei denen der kathodische Korrosionsschutz unwirksam oder nur teilweise wirksam ist. Solche Bedingungen können eine Abschirmung (z.B. enthaftete Umhüllungen, Wärmedämmung, felsiger Boden usw.) sowie ungewöhnliche Verunreinigungen im Elektrolyt umfassen.

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).

ISO 8044, *Corrosion of metals and alloys — Basic terms and definitions*

ISO 10012, *Measurement management systems — Requirements for measurement processes and measuring equipment*

ISO 13623, *Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems*

ISO 13847, *Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems — Welding of pipelines*

ISO 21809 (alle Teile), *Petroleum and natural gas industries — External coatings for buried or submerged pipelines used in pipeline transportation systems*

IEC 60079-10-1, *Explosive atmospheres — Part 10-1: Classification of areas — Explosive gas atmospheres*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

EN 1594, *Gasinfrastruktur — Rohrleitungen für einen maximal zulässigen Betriebsdruck über 16 bar — Funktionale Anforderungen*

EN 12007-3, *Gasinfrastruktur — Rohrleitungen mit einem maximal zulässigen Betriebsdruck bis einschließlich 16 bar — Teil 3: Besondere funktionale Anforderungen für Stahl*

EN 12496, *Galvanische Anoden für den kathodischen Schutz in Seewasser und salzhaltigem Schlamm*

EN 14161 *Erdöl- und Erdgasindustrie — Rohrleitungstransportsysteme (ISO 13623:2009 modifiziert)*

EN 50164-3, *Blitzschutzbauteile — Teil 3: Anforderungen an Trennfunkstrecken*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe in ISO 8044 sowie die folgenden Begriffe.

3.1

Anodenbettungsmasse

zusätzliches Material, das eine im Erdboden platzierte Anode unmittelbar umgibt

3.2

Verbindung

metallenerer Leiter, üblicherweise aus Kupfer, welcher zwei Punkte auf demselben Objekt oder verschiedenen Objekten miteinander verbindet

3.3

kathodisches Korrosionsschutzsystem

alle aktiven und passiven Komponenten für den aktiven äußeren Korrosionsschutz und dessen Überwachung

Anmerkung 1 zum Begriff: Kathodischer Korrosionsschutz wird entweder durch Fremdstrom- oder durch galvanische Anoden unter Verwendung einer oder mehrerer Anlagen erzielt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Fremdstromschutz- und galvanische Anodensysteme bestehen aus der gesamten Ausrüstung, die für die Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes erforderlich ist, wie z. B. Fremdstromschutzanlagen, galvanische Anoden, Verbindungen und Isolierstücke.

3.4

Probeblech

Metallprobe mit festgelegten Abmessungen aus einem Metall äquivalent zum Metall der Rohrleitung

3.5

Umhüllungsfaktor

Verhältnis der erforderlichen Schutzstromdichte zur Polarisation einer beschichteten Stahloberfläche im Vergleich zu einer blanken Stahloberfläche

3.6

Abgrenzeinheit

Ausrüstung, die einen Pfad mit geringer Impedanz für Wechselstrom und einen hohen Widerstand für Gleichstrom liefert

BEISPIEL Polarisationszellen, Kondensatoren oder Diodenbaugruppen.

3.7

Einspeisepunkt

Minuskabelanschluss

Verbindungsstelle des Minuskabels zur geschützten Rohrleitung, über welche der Schutzstrom zurück zur Schutzstromquelle fließt

3.8

Streustromableitung

Ableitung eines Streustromes zwischen Objekten durch eine beabsichtigte Verbindung

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Vorrichtungen zur Streustromableitung (direkte Streustromableitung, Streustromableitung mit Widerstand, gerichtete Streustromableitung und erzwungene Streustromableitung) siehe EN 50162.

3.9

Streustromableitungsanlage

Ausrüstung und Materialien, die benötigt werden, um Streuströme von beeinflussten Systemen abzuleiten

3.10

galvanische Anode

Elektrode, die durch galvanische Kopplung Strom für den kathodischen Korrosionsschutz liefert

3.11

galvanische Anodenanlage

die für den kathodischen Korrosionsschutz durch galvanische Anoden benötigten Ausrüstungen und Materialien

Anmerkung 1 zum Begriff: Solche Materialien und Ausrüstungen umfassen galvanische Anoden und Kabel.

3.12

Belüftungselement

Korrosionselement zwischen zwei verschiedenen Teilen einer einzelnen metallischen Rohrleitung, die mit unterschiedlichen Böden in Kontakt sind

3.13

Anodenfeld

Installation aus in Böden oder Wässern installierten galvanischen Anoden oder Fremdstromanoden

3.14

Fremdstromanode

Elektrode, die Strom für den kathodischen Korrosionsschutz durch eine Fremdstromquelle bereitstellt

3.15

Fremdstromschutzanlage

die für den kathodischen Korrosionsschutz mit Hilfe von Fremdstrom benötigten Ausrüstungen und Materialien

Anmerkung 1 zum Begriff: Solche Materialien und Ausrüstungen umfassen Fremdstromanoden, Kabel und eine Gleichstromquelle.

3.16

schnelles Ausschaltpotential

Ausschaltpotential, das nach einer kurzen Verzögerung nach dem Ausschalten gemessen wird, um sich so weit wie möglich dem IR-freien Potential anzunähern

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine typische Verzögerung für direkte Messungen an der Rohrleitung beträgt etwa 300 ms, um den Einfluss von Spannungsspitzen zu verhindern. An Probeblechen werden kürzere Verzögerungen verwendet.

3.17

IR-Spannungsabfall

Spannung, die sich als das Produkt aus allen durch den kathodischen Schutzstromkreis fließenden Strömen und den auf dem Strompfad vorhandenen Widerständen (in erster Linie der Elektrolyt und die Rohrleitung) ergibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies ist aus dem Ohmschen Gesetz abgeleitet ($U = I \times R$).

3.18

IR-freies Potential

polarisiertes Potential

Rohrleitung/Elektrolyt-Potential ohne den Spannungsfehler, der durch den IR-Spannungsabfall aufgrund des Schutzstroms oder eines anderen Stroms verursacht wird

3.19

Isolierstück

elektrisch trennendes Bauteil, eingefügt zwischen zwei Rohrleitungsabschnitten, um zwischen diesen die Längsleitfähigkeit zu unterbrechen

BEISPIEL Isolierkupplung, Isolierflansch-Verbindung.

3.20

Trennfunkkenstrecke

TFS

(en: isolating spark gap, ISG)

Bauteil mit einer Isolierstrecke, um elektrisch leitende Bestandteile der Installation zu isolieren

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Falle eines Blitzeinschlags werden die einzelnen Bestandteile der Installation als Folge des Ansprechens der Funkenstrecke vorübergehend leitend verbunden.

3.21

lokale Erdung

geerdete metallische Elektrode, die nicht direkt elektrisch mit einem anderen Haupterdungssystem verbunden ist

3.22

Messpunkt

Stelle, an der eine Potentialmessung vorgenommen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Falle einer Messung des Rohrleitung/Elektrolyt-Potentials bezieht sich das auf die Stelle der Bezugselektrode.

3.23

Einschaltpotential

Rohrleitung/Elektrolyt-Potential, welches bei einem kathodischen Korrosionsschutzsystem im laufenden Betrieb gemessen wird

3.24

Ausschaltpotential

Rohrleitung/Elektrolyt-Potential, das nach dem Ausschalten aller kathodischen Schutzströme gemessen wird, mit dem Ziel, sich einem IR-freien Potential anzunähern

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Verzögerung vor den Messungen variiert je nach den Umständen.

3.25

Rohrleitung/Elektrolyt-Potential

Potentialunterschied zwischen einer Rohrleitung (oder einem Probeblech) und einer festgelegten Bezugselektrode in Kontakt mit dem Elektrolyten an einer Stelle, die der Rohrleitung ausreichend nahe ist, ohne diese tatsächlich zu berühren

3.26

Wirksumme

PREN

(en: pitting resistance equivalent number)

Zahl, die entwickelt wurde, um die Lochfraßbeständigkeit von nichtrostendem Stahl auf der Grundlage der Anteile von Cr, Mo, W und N in der chemischen Zusammensetzung der Legierung wiederzugeben und vorauszuberechnen

3.27

Polarisation

Änderung des Rohrleitung/Elektrolyt-Potentials, welche durch das Anlegen eines externen elektrischen Stroms verursacht wird

3.28

Messprobe

Einrichtung einschließlich Probeblech, die Messungen von Parametern zur Beurteilung der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes und/oder des Korrosionsrisikos ermöglicht

3.29

Schutzpotential

Rohrleitung/Elektrolyt-Potential, bei dem die Korrosionsgeschwindigkeit des Metalls der Rohrleitung akzeptabel ist

3.30

Bezugselektrode

Elektrode, die ein zeitlich konstantes und reproduzierbares Potential aufweist und als Referenz bei der Messung von Elektrodenpotentialen benutzt wird

[QUELLE: ISO 8044]

3.31

ferne Erde

Teilbereich im Elektrolyten, in dem zwischen zwei Punkten keine durch einen fließenden Strom bedingte Spannung messbar ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies ist in der Regel außerhalb des Spannungstrichters einer Erdungselektrode, eines Erdungssystems, eines Anodenfelds oder einer geschützten Rohrleitung der Fall.

3.32

Rohrschutzmatte

Überzug, der die Rohrleitung mechanisch schützt und als biegbare flexible Umhüllung aufgebracht wird

3.33

Streustrom

Strom, der durch andere als die vorgegebenen Stromkreise fließt

[QUELLE: Angepasst aus ISO 8044]

3.34

Überspannungsschutzgerät SPD

(en: surge protective device)

Gerät zur Begrenzung von transienten Überspannungen und direkten Stoßströmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Gerät enthält mindestens eine nichtlineare Komponente.

[Quelle: IEC 62305-1]

3.35

tellurischer Strom

Strom in der Erde als Folge geomagnetischer Schwankungen

3.36

Messstelle Messstation

Installation mit Mess- und Prüfeinrichtungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Solche Installationen umfassen Verkabelung und Rohrleitungsverbindungen.

3.37

Ausnutzungsfaktor

Anteil der Masse des Anodenwerkstoffs einer galvanischen Anode, der verbraucht werden kann, bevor die Anode aufhört, die mindestens erforderliche Stromabgabe zu liefern

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

D_a	Anodendurchmesser
D_b	Durchmesser der Anodenbettungsmasse
ε	elektrochemische Kapazität des Anodenmaterials
E	Potential, das an der Phasengrenze gemessen wird
ΔE	Potentialverschiebung aufgrund des kathodischen Schutzstroms, gemessen anhand einer entfernten Bezugselektrode
E_a	Auslegungs-Potential einer galvanischen Anode mit geschlossenem Stromkreis
E_c	Auslegungs-Schutzpotential (minimales negatives Potential)
E_{cor}	Freies Korrosionspotential (auch als natürliches Potential bezeichnet)
E_{IRfree}	IR-freies Potential
E_l	kritisches Grenzpotential
E_{ON}	Einschaltpotential
E_{OFF}	Ausschaltpotential
E_p	Schutzpotential
f_c	Umhüllungsfaktor
f_f	finaler Umhüllungsfaktor

f_i	anfänglicher Umhüllungsfaktor
Δf	durchschnittlicher jährlicher Anstieg des Umhüllungsfaktors
I_{tot}	Gesamtstrombedarf
I_{af}	tatsächliche Stromabgabe der einzelnen Anode zum Ende der Lebensdauer
I_{cf}	Gesamtstrombedarf für den kathodischen Korrosionsschutz eines bestimmten Rohrleitungsabschnitts am Ende der Lebensdauer (für maximalen Umhüllungsfaktor)
I_{cm}	mittlerer Strombedarf
I_f	erforderliche Stromabgabe der einzelnen Anode zum Ende der Lebensdauer
j	Stromdichte für unbeschichteten Stahl
j_c	Stromdichte für umhüllte Rohrleitungen
k	Kontingenzfaktor
L	Länge der Rohrleitung
m	Netto-Gesamt-Anodenmasse
m_a	Netto-Einzel-Anodenmasse
n	Anzahl der Anoden
r_{co}	mittlerer spezifischer Umhüllungswiderstand
R_a	Gesamtkreiswiderstand für ein kathodisches Korrosionsschutzsystem mit galvanischen Anoden (wird als äquivalent zum Anodenwiderstand angenommen)
$R_{a/b}$	Ausbreitungswiderstand der Anode relativ zur Anodenbettungsmasse
$R_{b/s}$	Ausbreitungswiderstand der Anodenbettungsmasse relativ zum natürlichen Elektrolyten
ρ	spezifischer Widerstand eines Elektrolyts
T	Temperatur
t_{dl}	Auslegungslebensdauer
U	Spannung
u	Ausnutzungsfaktor

4.2 Abkürzungen

a.c.	Wechselstrom (en: alternating current)
ACVG	Wechselspannungsgradient (en: alternating current voltage gradient)
CIPS	Potentialuntersuchungen in engen Abständen (en: close interval potential survey)
CP	kathodischer Korrosionsschutz (en: cathodic protection)
CSE	Kupfer-/Kupfersulfat (-gesättigte) Bezugsselektrode (en: copper-copper sulphate [saturated] reference electrode)
d.c.	Gleichstrom (en: direct current)
DCVG	Gleichspannungsgradient (en: direct current voltage gradient)
ER	elektrischer Widerstand (en: electrical resistance)
FBE	Fusion Bonded Epoxy

LPC	Blitzschutzkomponente (en: lightning protection component)
MMO	Mischmetalloxid
PREN	Lochfraßindex (en: pitting resistance equivalent numbers)
SCC	Spannungsrissskorrosion (en: stress corrosion cracking)
SCE	gesättigte Kalomelbezugselektrode (en: saturated calomel reference electrode)
SRB	Sulfat reduzierende Bakterien
UV	ultraviolett
3LPE	Dreischicht-Polyethylen (en: three layer polyethylene)
3LPP	Dreischicht-Polypropylen (en: three layer polypropylene)

5 Qualifikation von Personal für den kathodischen Korrosionsschutz

Personal, welches für die Planung, die Beaufsichtigung der Installation, die Inbetriebnahme, die Beaufsichtigung des Betriebs, die Messungen, die Überwachung und die Beaufsichtigung der Instandhaltung von kathodischen Korrosionsschutzsystemen verantwortlich ist, muss für die auszuführenden Aufgaben eine ausreichende Qualifikation haben.

EN 15257 oder das NACE Cathodic Protection Training and Certification Programme stellen geeignete Verfahren für die Beurteilung und Zertifizierung der Kompetenz von mit dem kathodischen Korrosionsschutz betrautem Personal dar.

Eine angemessene Kompetenz des mit dem kathodischen Korrosionsschutz betrauten Personals für die auszuführenden Aufgaben sollte durch eine Zertifizierung in Übereinstimmung mit den Präqualifizierungsverfahren wie etwa nach EN 15257, NACE Cathodic Protection Training and Certification Programme oder einem vergleichbaren Verfahren nachgewiesen werden.

6 Schutzkriterium

6.1 Allgemeines

Das Rohrleitung/Elektrolyt-Potential, bei dem die Korrosionsgeschwindigkeit für Kohlenstoffstahl und Gusseisen weniger als 0,01 mm pro Jahr beträgt, ist das Schutzpotential E_p . Diese Korrosionsgeschwindigkeit ist ausreichend gering, um die Korrosion über die gesamte Auslegungs-Lebensdauer auf ein akzeptables Maß zu beschränken. Das Kriterium für den kathodischen Korrosionsschutz wird daher durch die Bedingung in Gleichung (1) festgelegt:

$$E_{\text{IRfree}} \leq E_p \quad (1)$$

Dabei ist

E_p das Schutzpotential-Kriterium;

E_{IRfree} das Potential der Phasengrenze, d. h. das Potential ohne den IR-Spannungsabfall in der korrosiven Umgebung (IR-freies Potential, auch bekannt als „polarisiertes Potential“).

Das Schutzpotential von Metall richtet sich nach der korrosiven Umgebung (Elektrolyt) und der Art des verwendeten Metalls.

Die Anwendung von zu stark negativen Potentialen kann zu einem kathodischen Überschutz und somit zu einer Ablösung der Beschichtung und Blasenbildung sowie Wasserstoffversprödung bei einigen Metallen führen.

Das IR-freie Potential E_{IRfree} darf nicht stärker negativ sein als das kritische Grenzpotential E_l .

In diesen Fällen wird das Kriterium für den kathodischen Korrosionsschutz durch die Bedingung in Gleichung (2) festgelegt:

$$E_l \leq E_{\text{IRfree}} \leq E_p \quad (2)$$

6.2 Schutzpotentiale

Das IR-freie Potential E_{IRfree} muss die durch Gleichung (1) und, sofern anwendbar, Gleichung (2) festgelegten Kriterien erfüllen. Tabelle 1 enthält freie Korrosionspotentiale, E_{cor} , Schutzpotentiale, E_p , und kritische Grenzpotentiale, E_l , für verschiedene Metalle unter unterschiedlichen Umgebungsbedingungen.

Tabelle 1 — Freie Korrosionspotentiale, Schutzpotentiale und kritische Grenzpotentiale häufiger metallischer Materialien im Erdreich und im Wasser (außer Meerwasser), gemessen im Vergleich zur Kupfer-/Kupfersulfat-Bezugselektrode

Metalle oder Legierungen	Umgebungsbedingungen	Bereich der freien Korrosionspotentiale (Beispielwerte) E_{cor} V	Schutzpotential (IR-frei) E_p V	kritisches Grenzpotential (IR-frei) E_l V
Kohlenstoffstähle, niedriglegierte Stähle und Gusseisen	Erdreich und Wasser unter allen außer den hierin beschriebenen Bedingungen	−0,65 bis −0,40	−0,85	a
	Erdreich und Wasser bei $40\text{ °C} < T < 60\text{ °C}$	—	b	a
	Erdreich und Wasser bei $T > 60\text{ °C}^c$	−0,80 bis −0,50	−0,95	a
	Erdreich und Wasser unter aeroben Bedingungen $T < 40\text{ °C}$ mit $100 < \rho < 1\,000\ \Omega\text{m}$	−0,50 bis −0,30	−0,75	a
	Erdreich und Wasser unter aeroben Bedingungen $T < 40\text{ °C}$ mit $\rho > 1\,000\ \Omega\text{m}$	−0,40 bis −0,20	−0,65	a
	Erdreich und Wasser unter anaeroben Bedingungen und mit Korrosionsgefährdung durch Sulfat reduzierende Bakterien	−0,80 bis −0,65	−0,95	a
Austenitische Edelstähle mit einem PREN < 40	Neutrales und alkalisches Erdreich und Wasser bei Umgebungstemperaturen	−0,10 bis +0,20	−0,50	d

Metalle oder Legierungen	Umgebungsbedingungen	Bereich der freien Korrosionspotentiale (Beispielwerte) E_{cor} V	Schutzpotential (IR-frei) E_p V	kritisches Grenzpotential (IR-frei) E_l V
Austenitische Edelstähle mit einem PREN > 40		−0,10 bis +0,20	−0,30	-
Martensit- oder Austenit-Ferrit-Edelstähle (Duplex)		−0,10 bis +0,20	−0,50	e
Alle Edelstähle	Saures Erdreich und Wasser bei Umgebungstemperaturen	−0,10 bis +0,20	e	e
Kupfer	Erdreich und Wasser bei Umgebungstemperaturen	−0,20 bis 0,00	−0,20	-
Verzinkter Stahl		−1,10 bis −0,90	−1,20	
<p>ANMERKUNG 1 Alle Potentiale sind IR-frei und beziehen sich auf eine Kupfer-/ Gesättigtes-Kupfersulfat-Bezugselektrode mit $E_{Cu} = E_H - 0,32$ V.</p> <p>ANMERKUNG 2 Während der Lebensdauer der Rohrleitung sind alle möglichen Änderungen des spezifischen Widerstandes des Mediums um die Rohrleitung zu berücksichtigen.</p> <p>^a Um Wasserstoffversprödung an hochfesten, unlegierten und niedriglegierten Stählen mit einer Nenn-Streckgrenze von mehr als 550 N mm^{-2} zu vermeiden, muss das kritische Grenzpotential dokumentiert oder experimentell bestimmt werden.</p> <p>^b Bei Temperaturen von $40 \text{ °C} \leq T \leq 60 \text{ °C}$ darf das Schutzpotential linear zwischen dem für 40 °C (−0,65 V, −0,75 V, −0,85 V oder −0,95 V) und 60 °C (−0,95 V) bestimmten Wert des Potentials interpoliert werden.</p> <p>^c Das Risiko einer hohen pH-bedingten Spannungsrisskorrosion erhöht sich mit zunehmender Temperatur.</p> <p>^d Im Fall von Martensit- oder Ferrit-Phasen (z. B. durch Erhärtung) sollte das Risiko der Wasserstoffversprödung durch Dokumentation oder experimentell bestimmt werden.</p> <p>^e Bestimmung durch Dokumentation oder experimentell.</p>				

Um eine Ablösung und/oder Blasenbildung der Umhüllung zu vermeiden, sollte das kritische Grenzpotential E_l nicht stärker negativ sein als − 1,20 V (CSE) für die aktuell verwendeten Rohrleitungsumhüllungen.

6.3 Alternative Verfahren

6.3.1 100 mV kathodische Potentialverschiebung

Sofern die in Tabelle 1 festgelegten Kriterien nicht erreicht werden können, gilt eine Potentialverschiebung in kathodischer Richtung von mindestens 100 mV als eine akzeptable alternative Methode zur Reduzierung der Korrosionsgeschwindigkeit (siehe NACE-Publikation Nr. 35108 [1]). Eine Restkorrosionsgeschwindigkeit von weniger als 0,01 mm pro Jahr wird eventuell nicht erreicht. Die Ausbildung oder Abschwächung der Potentialverschiebung muss in Übereinstimmung mit dem in Anhang A festgelegten Verfahren gemessen werden.

Die Anwendung der Potentialverschiebung von 100 mV gilt nicht für Betriebstemperaturen über 40°C , in Erdreich mit Sulfat reduzierenden Bakterien, bei möglicherweise vorhandenen Streuströmen, Ausgleichsströmen oder tellurischen Strömen, oder wenn das Risiko externer Spannungsrisskorrosion besteht. Darüber hinaus darf das 100-mV-Potentialverschiebungsverfahren im Fall von Rohrleitungen nicht

angewendet werden, die mit Bauteilen aus anderen Metallen verbunden sind oder die aus unterschiedlichen Metallen bestehen.

6.3.2 Andere Verfahren

Andere Verfahren dürfen angewendet werden, wenn die Eindämmung der Korrosion nachweislich erreicht wird.

6.4 Kriterien bei Vorhandensein von Wechselstrom

An Orten, an denen eine Wechsellspannungsbeeinflussung möglich ist, muss die Wechsellspannung und/oder die Wechselstromdichte gemessen werden, um die Höhe der Wechsellspannungsbeeinflussung zu beurteilen.

Sofern eine Wechsellspannung an der Rohrleitung vorhanden ist, müssen die in Tabelle 1 festgelegten Schutzkriterien auch erfüllt werden, wenn sie nicht zwangsläufig Schutz vor Wechselstromkorrosion bieten. Das IR-freie Potential E_{IRfree} muss das durch die Gleichung (1) festgelegte Kriterium erfüllen.

EN 15280 enthält Leitlinien zur Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom und legt ausführliche Kriterien fest, welche verwendet werden dürfen.

7 Voraussetzungen für die Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes

7.1 Allgemeines

Die zu schützende Rohrleitung oder der zu schützende Abschnitt der Rohrleitung muss für die Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes durchgängig leitfähig sein. Die Rohrleitung sollte umhüllt und von anderen Objekten und Erdungssystemen elektrisch getrennt sein. Sofern eine Rohrleitung nicht von anderen Objekten und Erdungssystemen elektrisch getrennt wird, muss die Entscheidung begründet werden.

ANMERKUNG Umhüllungen werden allgemein bei unterirdischen Leitungen eingesetzt, um einen primären Korrosionsschutz mit kathodischem Korrosionsschutz für die Bereiche mit Umhüllungsschäden zu bieten. Umhüllungen reduzieren die Anforderung bezüglich Schutzstrom und somit das Risiko von Beeinflussungen auf angrenzenden erdverlegten Objekten.

7.2 Elektrische Längsleitfähigkeit

Die elektrische Längsleitfähigkeit der Rohrleitung oder eines Abschnitts der zu schützenden Rohrleitung muss einen geringen Längswiderstand ermöglichen. Komponenten, die den Längswiderstand der Rohrleitung erhöhen können, sind kurzzuschließen, beispielsweise durch Kabel oder Metallverbindungen mit geringem Widerstand und einer ausreichenden Querschnittsfläche.

An nicht geschweißten Rohrleitungen muss die elektrische Längsleitfähigkeit über die gesamte zu schützende Länge durch die Installation dauerhafter Verbindungen über die schlecht leitenden Rohrverbindungen unter Verwendung von Verbindungen mit einer zuverlässigen Befestigungstechnik gewährleistet werden. Die Längsleitfähigkeit nicht verschweißter Rohrleitungen ist durch Widerstands- und Potentialmessungen zu prüfen.

Falls erforderlich, darf das Überbrücken von elektrisch trennenden Bauteilen zur Messung oder zu anderen Zwecken hergestellt werden. Sofern eine dauerhafte elektrische Längsleitfähigkeit hergestellt werden muss, sollte die Verbindung in einer Messstelle erfolgen.

7.3 Elektrische Trennung

7.3.1 Allgemeines

Metallene oder widerstandbehaftete Kontakte zwischen der Rohrleitung und anderen Objekten oder direkte Verbindungen zu Erdungssystemen sollten vermieden werden; anderenfalls kann das Korrosionsrisiko steigen.

Aus diesem Grund sollten Rohrleitungen von anderen Objekten wie etwa Verdichterstationen, Pumpenstationen, Druckminderungs-, Druckmess- und Druckversorgungsstationen, Wasserpump- und Speichereinrichtungen, Bohrungsstellen, Offshore-Rohrleitungen und -Objekten, Anschlüssen und Verarbeitungsanlagen und an Schnittstellen zu anderen Rohrleitungen elektrisch getrennt werden.

Eine elektrische Trennung kann außerdem installiert werden, um das System in Teilabschnitte, wie etwa bei streustrombeeinflussten Bereichen, zu unterteilen.

Die Trennung sollte durch die Installation von Isolierstücken (Isolierkupplungen oder Isolierflansch-Verbindungen) oder nichtleitender Rohrstücke hergestellt werden.

Wenn eine elektrische Trennung nicht möglich ist, muss die Auslegung des kathodischen Korrosionsschutzes eine ausreichende Menge Strom und eine effektive Stromverteilung ermöglichen, um sicherzustellen, dass die Rohrleitung kathodisch geschützt ist, ohne nachteilige Auswirkungen auf andere Objekte zu haben.

Sofern ein Kontakt zwischen der geschützten Rohrleitung und einem anderen weniger elektronegativen Objekt besteht, behandelt EN 14505 diese als komplexe Objekte und bietet nützliche Empfehlungen für diesen Fall.

7.3.2 Einbauorte

Die Einbauorte der elektrischen Trennungen sollten sorgfältig erwogen werden. Dies gilt insbesondere im Fall von Streustrom aus Gleichstromquellen. Dies erfordert beispielsweise detaillierte Messungen und Untersuchungen der Gradienten an der Elektrolytoberfläche (EN 50162 enthält eine ausführliche Anleitung hierzu). Eine elektrische Trennung kann

- zwischen Rohrleitungsabschnitten aus verschiedenen metallischen Materialien,
- an den Enden der Rohrleitung,
- bei wesentlichen Änderungen des spezifischen Elektrolytwiderstands,
- bei Rohrleitungen, die verschiedene kathodische Korrosionsschutzsysteme benötigen,
- bei Rohrleitungen mit unterschiedlichen Stromdichtebedarf,
- in durch Streu-, Wechselstrom oder tellurischen Strömen beeinflussten Bereichen,
- an bestimmten Rohrleitungsnetzen zur Unterstützung der Instandhaltung des kathodischen Korrosionsschutzes oder Messung und
- an Schnittstellen zu ungeschützten Objekten oder geerdeten Anlagen

erforderlich sein.

Im Fall von Verteilersystemen muss die elektrische Trennung an den Schnittstellen zu den Kundeneinrichtungen installiert werden.

7.3.3 Isolierstücke

Die mechanische Auslegung, die Materialien, die Abmessungen und die Konstruktion von Isolierstücken müssen die Anforderungen nach ISO 13623, EN 14161, EN 1594 oder EN 12007-3, sofern zutreffend, erfüllen.

Es sind nach Möglichkeit Monoblock-Isolierkupplungen zu verwenden. Diese können oberirdisch, in einem Schacht oder unterirdisch installiert werden.

Monoblock-Isolierkupplungen sollten vor der Installation elektrisch geprüft werden.

ANMERKUNG 1 Elektrische Prüfungen werden in Anhang F vorgeschlagen.

ANMERKUNG 2 Die oberirdische Installation des Isolierstückes bietet den Vorteil der bequemerer Sicht-, elektrischen und Ultraschallprüfung. Andererseits sind unterirdische Isolierstücke besser vor mechanischen oder Feuerrisiken sowie vorsätzlicher oder versehentlicher Beschädigung geschützt und können verhindern, dass das Produkt in der Rohrleitung einfriert (manchmal auch als „frostsichere Verlegung“ bezeichnet).

ANMERKUNG 3 Die Installation eines Isolierstückes in einem Schacht bietet die gleichen Vorteile wie ein unterirdisches Isolierstück, allerdings mit einem erhöhten Gaseinschlussrisiko. Aus diesem Grund können lokale Vorschriften die Installation eines Isolierstückes in einem Schacht verhindern.

Wenn eine Rohrleitung mit oberirdischen Anlagen verbunden ist, stellt ein oberirdisches Isolierstück sicher, dass der kathodische Korrosionsschutz auf den gesamten unterirdischen Bereich angewendet wird. Wenn das Isolierstück unterflur verlegt wird, muss der Rohrleitungsbetreiber zusätzliche Korrosionsschutzmaßnahmen für den vom Hauptsystem für kathodischen Korrosionsschutz getrennten Bereich der Rohrleitung treffen.

Wenn mehrphasige Flüssigkeiten mit einem erheblichen Wasseranteil durch die Rohrleitung transportiert werden, sollte die Installation des Isolierstückes an einem vertikalen oder winkligen Übergangsabschnitt erwogen werden, um zu verhindern, dass eine dauerhafte Wasserphase in der Rohrleitung eine Ursache von Innenkorrosion entsteht (siehe 7.3.4).

Unterirdische Isolierstücke müssen eine Außenumhüllung besitzen, die mit der Rohrleitungsumhüllung kompatibel ist.

Isolierflanschverbindungen sind Beeinträchtigungen durch atmosphärische Witterung, Schmutz und eindringende Feuchtigkeit ausgesetzt und müssen mit einem Flanschschutz oder viskoelastischen Verbundstoffen vor dem Eindringen von Schmutz und Feuchtigkeit geschützt werden.

Unzureichende Installationsmethoden sind ein Hauptgrund für das Versagen von Isolierflanschverbindungen. Um dieses Risiko zu reduzieren, sollten die Anweisungen des Herstellers beachtet oder werkseitig vorinstallierte Bauteile verwendet werden.

Die häufigsten Installationsfehler sind

- das zu feste Anziehen der Flanschschrauben (Isolierflanschverbindungen erfordern ein geringeres Anzugsmoment als Flansche ohne Isolierdichtungen),
- die falsche Ausrichtung der Flanschflächen und
- eine unsachgemäße Oberflächenvorbereitung der Flanschflächen.

Die Isoliermaterialien müssen geeignet sein, den Betriebsbedingungen zu widerstehen (z. B. transportiertes Medium, Temperatur, Druck, mechanische Beanspruchung), und über eine ausreichende elektrische Durchschlagfestigkeit verfügen. Weitere wichtige Eigenschaften der Isolierflansch-Verbindung umfassen die

mechanische Festigkeit (z. B. Biegefestigkeit und Zugfestigkeit etc.), das elektrische Trennvermögen und die Wasserabsorption.

Isolierstücke müssen so installiert werden, dass das Risiko einer unbeabsichtigten Überbrückung vermieden wird.

Um Schäden durch Überspannung wie etwa durch Blitzeinschlag oder Fehlerströme durch Hochspannungsleitungen zu verhindern, müssen Schutzvorrichtungen erwogen werden (z. B. geeignete Trennfunkstrecken, Überspannungsschutzgeräte und geeignete elektrische Erdung).

In gefährlichen Bereichen nach EN 60079-10-1 installierte Isolierstücke müssen der Zertifizierung und den betrieblichen Anforderungen des gefährlichen Bereichs entsprechen.

Isolierstücke müssen mit zugänglichen Messstellen ausgestattet werden.

7.3.4 Innenkorrosionsrisiko an Isolierstücken

Bei Rohrleitungen, die Flüssigkeiten mit einer separaten Wasserphase transportieren, besteht ein Risiko der Innenkorrosion durch Strom, der die Innenfläche der Rohrleitung in der Nähe des Isolierstücks auf der Seite mit dem weniger negativen Potential (anodische Seite) verlässt. Dies hängt hauptsächlich von der Leitfähigkeit der Flüssigkeit und der Spannung zwischen beiden Seiten des Isolierstückes ab.

Um das Innenkorrosionsrisiko zu vermeiden oder zu verringern, sollte eine innere Verkleidung (Innenbeschichtung mit einem elektrisch isolierenden Material) auf der Seite der Rohrleitung mit dem stärker negativen inneren Potential (kathodische Seite) angebracht werden.

Die Länge des Abschnitts mit einer Innenauskleidung erhöht sich mit steigender Elektrolyt-Leitfähigkeit, zunehmendem Leitungsdurchmesser und zunehmender Höhe der Spannung auf den Seiten des Isolierstücks. Wenn keine historischen Erfahrungswerte vorliegen, sollte die Länge der Innenauskleidung der Pipeline durch Berechnungen oder Prüfungen bestimmt werden.

Die Länge der Innenauskleidung kann durch Festlegung eines inneren ohmschen Widerstands der transportierten Flüssigkeit bestimmt werden. Diese Bewertung kann mithilfe einer Simulationssoftware oder durch Berechnung (Ohmsches Gesetz) erfolgen und muss dokumentiert werden. Diese Studie muss unter Berücksichtigung der Leitfähigkeit der Flüssigkeit, des Potentialunterschieds zwischen beiden Seiten des Isolierstücks und der Fehlstellenfreiheit in der Außenumhüllung auf der anodischen Seite der Rohrleitung erfolgen.

ANMERKUNG 1 Basierend auf Rückmeldungen und Erfahrungswerten wird allgemein ein Wert von 100 Ω für den inneren ohmschen Widerstand zur Bestimmung der Länge der Innenauskleidung angewendet.

ANMERKUNG 2 Bei sehr langen Innenauskleidungen wird üblicherweise eine bereits werksseitig mit einer Innenbeschichtung versehene ganze Rohrlänge verwendet.

In der Praxis muss bei beidseitiger Innenauskleidung der Isolierverbindung die Innenauskleidung der kathodischen Seite mindestens die berechnete Länge haben.

ANMERKUNG 3 Sofern individuell angefertigte, asymmetrisch verkleidete Isolierverbindungen verwendet werden, kann das Korrosionsrisiko durch die Installation der längeren Verkleidung auf der falschen Seite der Isolierverbindungen erheblich sein.

Die innere Auskleidung sollte so ausgeführt werden, dass durch den Kontakt mit der transportierten Flüssigkeit kein Verschleiß entsteht. Dies gilt insbesondere bei Auskleidungen in Kontakt mit Salzwasser.

Als Alternative zu der Innenauskleidung kann ein Stahlrohr-Ausbaustück neben dem Isolierstück auf der Seite mit dem weniger negativen Potential (anodische Rohrleitungsseite) installiert werden. Das

Ausbaustück sollte regelmäßig inspiziert werden, um den Fortschritt der Innenkorrosion zu überwachen und das Ausbaustück rechtzeitig auszutauschen, um undichte Stellen zu vermeiden.

7.3.5 Kontakte zwischen metallischen Objekten

Wo Einführungen, Halteeinrichtungen, Stützen und Anker aus Beton bestehen, sollte jeder Kontakt (direkt oder hochohmig) zwischen dem Armierungsstahl und der geschützten Rohrleitung vermieden werden. Aus diesem Grund sollte eine Wanddurchführung aus isolierendem Material vorgesehen und eine hochwertige Beschichtung auf die geschützte Rohrleitung aufgetragen werden. Die Möglichkeit einer abschirmenden Wirkung muss berücksichtigt werden.

Sofern die Rohrleitung obertägig eine Brücke überquert oder in einen Tunnel eintritt und Isolierstücke an beiden Enden der Brücke oder des Tunnels besitzt, darf die Rohrleitung zwischen den Isolierverbindungen mit Potentialausgleich zur Brücke oder zum Tunnel verbunden werden, um den Berührungsschutz zu gewährleisten. Um den kathodischen Korrosionsschutz der Rohrleitung auf beiden Seiten der Brücke oder des Tunnels durch ein gemeinsames kathodisches Korrosionsschutzsystem zu gewährleisten, wird eine Potentialverbindung benötigt, um die Rohrleitung auf beiden Seiten der Brücke oder des Tunnels zu verbinden.

Sofern die Rohrleitung eine Brücke in einer Versorgungsrinne mit einem Elektrolyten (z. B. Sand) überquert, darf die Leitung durch galvanische Anoden (z. B. Magnesiumband) kathodisch geschützt und nicht mit der Brücke verbunden werden.

Sofern keine Isolierstücke vorhanden sind, muss die Rohrleitung elektrisch von den Metallteilen der Brücke oder des Tunnels getrennt werden. Dies gilt insbesondere für Metallbrücken, an denen Gleichstromübertragungssysteme befestigt sind.

7.3.6 Elektrisches Erdungssystem

Eine elektrische Erdung von in einer geschützten Rohrleitung installierten Bauteilen kann aus Sicherheitsgründen erforderlich sein oder die Erdung einer Rohrleitung kann erforderlich sein, um die Wirkung induzierter elektrischer Spannungen zu begrenzen.

Wenn ein Erdungssystem benötigt wird, muss seine Kompatibilität mit dem kathodischen Korrosionsschutzsystem hergestellt werden. Sofern aufgrund von Vorschriften erlaubt, darf dies durch die Installation ausreichend ausgelegter Abgrenzeinheiten im Erdungssystem erfolgen. Eine lokale Erdung über Zink- oder verzinkte Erdungsmaterialien, die direkt mit der Rohrleitung verbunden sind, darf angewendet werden, kann jedoch später nachteilige Auswirkungen auf den kathodischen Korrosionsschutz haben.

ANMERKUNG 1 Diese nachteiligen Auswirkungen auf die Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes sind einem oder beiden der folgenden Gründe geschuldet:

- Der Ausbreitungswiderstand der lokalen Erdung im Bezug auf die ferne Erde kann sehr viel geringer sein als der Ausbreitungswiderstand der Umhüllungsfehler, was zu einer Reduzierung des Korrosionsschutzstromes an den Fehlstellen der Umhüllung führen kann.
- Das Potential von Zink oder verzinktem Stahl kann im Verlauf der Zeit zu weniger negativen Potentialen tendieren.

Wenn ein Erder installiert wird, um die Auswirkungen von Wechselspannungen auf die Rohrleitung zu begrenzen, sollten die Positionen des Erders durch spezielle Studien und eine ausführliche Planung bestimmt werden.

ANMERKUNG 2 EN 15280 und EN 50443 enthalten einen Leitfaden zu Korrosions- und Sicherheitsaspekten in Verbindung mit Wechselspannungsbeeinflussungen.

Der Nachweis und die Kontrolle elektrischer Beeinflussungen muss in Übereinstimmung mit Anhang B erfolgen.

Wenn eine Erdung (ortsnah oder ortsfern) mit elektrisch angetriebenen Geräten wie etwa Armaturen oder Pumpen verbunden ist, wird der Ausbreitungswiderstand der Rohrleitung an diesen Stellen reduziert, was den kathodischen Korrosionsschutz beeinträchtigen oder verhindern kann. Um einen wirksamen kathodischen Korrosionsschutz aufrechtzuerhalten, darf eine der nachfolgenden Maßnahmen angewendet werden (vorbehaltlich der relevanten nationalen oder lokalen Sicherheitsvorschriften):

- a) Trennung des elektrisch betriebenen Geräts von der geschützten Rohrleitung;
- b) Trennung des mit dem elektrisch betriebenen Gerät verbundenen Teils der Rohrleitung (z. B. Armatur) vom Rest der Rohrleitung durch Isolierstücke mit einer elektrisch leitenden Verbindung zwischen den beiden Teilen der Rohrleitung und einem separaten Korrosionsschutz für den getrennten Teil der Rohrleitung (z. B. Absperrarmatur);
- c) Installation von Trenntransformatoren;
- d) Installation von Fehlerstromschutzschaltern in Verbindung mit einer lokalen Erdung aus verzinktem Stahl, Zink oder Magnesium;
- e) Installation von Abgrenzeinheiten zwischen dem elektrisch betriebenen Gerät und dem Haupterdungssystem (z. B. Trennfunkstrecken, Überspannungsableiter, Polarisationszellen, elektrische Trennung).

7.4 Blitz- und Überspannungsschutz

Rohrleitungen können von Überspannung und Stoßströmen durch Blitzeinschläge oder nahegelegene Hochspannungsleitungen betroffen sein (z. B. Erdkurzschluss).

Um das Isolierstück vor Überspannung zu schützen, sollte eine Trennfunkstrecke über dem Isolierstück angeschlossen werden.

Um die Auswirkung aller Arten von Stoßströmen oder elektrischen Beeinflussungen zu begrenzen, dürfen außerdem Trennfunkstrecken, Überspannungsschutzgeräte (SPD) oder Abgrenzeinheiten zwischen der Rohrleitung und einem Erdungssystem installiert werden, sofern durch nationale oder lokale Vorschriften oder Sicherheitsnormen erlaubt.

Die Kabellänge, der Kabelquerschnitt und der Kabeltyp haben einen erheblichen Einfluss auf die Wirksamkeit des Überspannungsschutzes. Diese Eigenschaften müssen an die Eigenschaften der Trennfunkstrecke oder der SPD angepasst werden. Die Kabellänge sollte möglichst kurz sein, sodass die innerhalb der Installation gebildete Schleife möglichst klein ist.

ANMERKUNG Bei der Auswahl der Trennfunkstrecken sind die folgenden Parameter typisch bei Anwendungen des kathodischen Korrosionsschutzes für einen 50-Hz-Fall:

- Ansprech-Gleichspannung: 500 V bis 1 kV;
- 100 % Blitzstoß-Überschlagspannung ($1,2/50 \mu\text{s}$): $\leq 1,30 \text{ kV}$ für Isolierstücke der Klasse 1 und Klasse 2 oder $\leq 2,2 \text{ kV}$ nur für Klasse 1 (siehe Anhang F);
- Nenn-Ableitstrom ($8/20 \mu\text{s}$): 100 kA;
- Blitzimpulsstrom, I_{imp} ($10/350 \mu\text{s}$): 100 kA (Klasse H), 50 kA (Klasse N);
- Kurzzeitige Nenn-Steh-Wechselspannung (50 Hz): $< 250 \text{ V}$;
- Bemessungs-Ableitstrom (50 Hz): $\geq 100 \text{ A} / 0,5 \text{ s}$;

- Zertifizierung in Übereinstimmung mit Richtlinie 94/9/EG „für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (ATEX)“;
- geprüft in Übereinstimmung mit EN 50164-3.

7.5 Umhüllung

7.5.1 Allgemeines

Rohrleitungen, die kathodisch geschützt werden, sollten mit einer äußeren Umhüllung versehen werden. Die Auswahl der Umhüllung muss durch den Rohrleitungsbetreiber genehmigt werden.

ANMERKUNG 1 Die Umhüllung dient als Schutz vor Korrosion. Sie reduziert den Schutzstrombedarf, verbessert die Stromverteilung, erweitert den Schutzbereich und reduziert Beeinflussungen auf fremde Objekte.

Die Umhüllung der Rohrleitung sollte im Werk oder unter Werksbedingungen an Rohrleitungsabschnitten unter festgelegten Bedingungen für die Oberflächenbehandlung, das Applizieren der Umhüllung und die Prüfung aufgebracht werden. Nach dem Verschweißen der Rohrlängen während des Baus der Rohrleitung sollten die Rundschweißnähte mit einer geeigneten Nachumhüllung beschichtet werden.

ANMERKUNG 2 Nachumhüllungen von Schweißnähten und Einbauteilen auf Baustellen werden unter anspruchsvolleren Bedingungen ausgeführt und können eine Schwachstelle im allgemeinen Korrosionsschutzsystem sein, wenn sie nicht korrekt ausgewählt und angewendet werden.

Nach der Verlegung der Rohrleitung sollte eine Untersuchung auf Umhüllungsfehlstellen (siehe Anhang D) vorgenommen werden, um den Umhüllungszustand zu überprüfen.

7.5.2 Werksseitige Umhüllungen

Umhüllungen sind in Übereinstimmung mit den folgenden Normen zu verwenden:

- ISO 21809-1 für Polyolefin-Umhüllungen (3-Lagen-PE oder 3-Lagen-PP),
- ISO 21809-2 für Epoxypulverbeschichtungen (Fusion-bonded Epoxy),
- ISO 21809-4 für Polyethylen-Beschichtungen (2-Lagen-PE) oder
- andere vergleichbare Normen.

7.5.3 Nachumhüllungen der Schweißnähte

ISO 21809-3, EN 10329 oder vergleichbare Normen sollten für die Auswahl und Anwendung der Nachumhüllungen für Schweißnähte angewendet werden.

ANMERKUNG Nachumhüllungen der Schweißnähte bestehen entweder aus vorgeformten Materialien wie etwa kalt verarbeitbaren Bändern oder wärmeschrumpfenden Materialien oder aus pulverförmigen oder flüssigen Materialien.

7.5.4 Beschichtung für grabenlos verlegte Rohrleitungen

Grabenlos verlegte Rohrleitungen (z.B. durch horizontales Bohren) sollten mit Außenumhüllungen geschützt werden, die zusätzlichen Schutz gegen mechanische Beschädigungen bieten. Für solche Umhüllungen dürfen die folgenden zusätzlichen Anforderungen gelten:

- erhöhte Dicke und
- erhöhte mechanische Festigkeitseigenschaften.

Der grabenlos verlegte Rohrabschnitt sollte vor der Einbindung in den Hauptabschnitt der Rohrleitung auf Umhüllungsschäden untersucht werden.

ANMERKUNG Während der grabenlosen Verlegung können bei bestimmten Umhüllungen Beschädigungen durch Abrieb auf der Oberfläche entstehen, was zu einer erhöhten Feuchtigkeitsaufnahme führen kann. Dies beeinträchtigt den Umhüllungswiderstand und erhöht dadurch den Schutzstrombedarf.

Die Abnahmekriterien für die Umhüllungsprüfung sollten vor der Errichtung der Rohrleitung festgelegt werden.

Sollten keine spezifischen Anforderungen festgelegt sein, kann der Umhüllungszustand durch Vergleich der zum Schutz des grabenlos verlegten Abschnitts erforderlichen Schutzstromdichte mit den in Tabelle 3 (siehe 8.4.3) angegebenen optimierten Auslegungswerten beurteilt werden. Über eine temporäre Anode sollte eine Stromeinspeisung erfolgen und die Stromdichte für den Abschnitt berechnet werden. Wenn die zur Gewährleistung des kathodischen Korrosionsschutzes erforderliche Stromdichte höher ist als die in Tabelle 3 angegebenen Werte, sollte die Umhüllung der grabenlos verlegten Rohrleitung als unzureichend angesehen und nachgebessert werden.

D.4.3 legt ein akzeptables Verfahren zur Prüfung der Umhüllung fest. Es können aber auch andere Verfahren verwendet werden.

7.5.5 Boden-Luft-Übergang^{N1)}

Für einen Boden-Luft-Übergang sollte eine hoch belastbare Umhüllung verwendet werden. Bei der Auswahl der Umhüllung dürfen die folgenden Eigenschaften berücksichtigt werden:

- mechanische Festigkeit;
- UV-Beständigkeit; und
- Haftung.

7.5.6 Kompatibilität von Beschichtungen und Umhüllungen mit dem kathodischen Korrosionsschutz

Ablösung kann zu einer Abschirmung des Schutzstroms führen, indem der Zutritt des Schutzstroms zur Stahloberfläche, die in Kontakt mit einem korrosiven Elektrolyten aufgrund mangelnder Längsleitfähigkeit und/oder hohen Widerstands des Elektrolyts unter der Ablösung, der Erneuerung der korrosiven Spezies oder der Anwesenheit von Sulfat reduzierenden Bakterien verhindert wird.

Die ausgewählten Umhüllungen müssen mit der Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes kompatibel sein. Die Kompatibilität sollte durch kathodische Enthaltungsprüfungen in Übereinstimmung mit den anzuwendenden Beschichtungsnormen bestätigt werden.

Nicht haftende Polyethylenumhüllungen sollten vermieden werden, da diese zu einer Abschirmung des kathodischen Schutzstroms führen und die Schutzwirkung beeinträchtigen können.

7.5.7 Wärmedämmung

Wärmedämmsysteme sind Beschichtungssysteme, die mit einer wärmedämmenden Schicht ausgestattet sind. Dies kann eine eigene Schicht zusätzlich zu der Korrosionsschutzschicht oder eine Schicht

N1) Nationale Fußnote: Der Übergang Wasser-Luft ist hiermit ebenfalls gemeint.

beispielsweise aus Polyurethan oder Gummi sein, die den Korrosionsschutz und die Wärmedämmung kombiniert.

Aufgrund der Gesamtdicke der Umhüllung und des hohen Widerstands der verschiedenen Umhüllungs- und Isolierungsschichten ist eine Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes unwahrscheinlich. Die Anforderungen an den kathodischen Korrosionsschutz und die Art des kathodischen Korrosionsschutzes für wärmegeämmte Rohrleitungen sind unter Berücksichtigung der folgenden Aspekte zu beurteilen.

- a) Wärmedämmende Materialien wie etwa Polyurethanschaum haben einen hohen elektrischen Widerstand. Selbst wenn diese Materialien durchfeuchtet sind, können sie den Schutzstrom abschirmen und den Schutz der darunter liegenden Stahlrohrleitung verhindern. In diesen Fällen sollten alternative Korrosionsschutzverfahren in Erwägung gezogen werden.
- b) Die Errichtung eines kathodischen Korrosionsschutzsystems zum alleinigen Zweck des Schutzes einer gedämmten Rohrleitung ist normalerweise schwer zu rechtfertigen. Es sei denn, es besteht die Gefahr, dass die Wärmedämmung durch Fremdeinwirkung ernsthaft beschädigt werden kann und dies zu einem direkten Kontakt der Leitung mit dem Elektrolyten führt.
- c) Der inhärent hohe Ausbreitungswiderstand einer wärmegeämmten Rohrleitung schließt die Entladung induzierter Spannungen wie etwa durch benachbarte Hochspannungsleitungen zur Erde durch die Beschichtung aus. Sofern die Rohrleitung nicht in der Nähe der induzierten Spannung direkt geerdet wurde, können sich Spannungen im Rohr über erhebliche Entfernungen verändern, was zu Korrosion führen und/oder ein Sicherheitsrisiko für Personal in direktem Kontakt mit der Rohrleitung werden kann.

An wärmegeämmten Rohrleitungen gemessene Korrosionsschutz-Potentiale geben üblicherweise keine Hinweise auf die Potentiale an der Phasengrenze unter der Dämmung. Diese Potentiale sollten nicht zur Bewertung der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes herangezogen werden. Zur Bewertung des Zustands der Rohrleitungen an diesen Stellen sollten andere Verfahren angewendet werden.

7.5.8 Armierte Betonummantelung

Stahlarmierter Beton kann verwendet werden, um das Gewicht einer Rohrleitung insbesondere in Feuchtgebieten wie etwa Marschen zu erhöhen. Ein Kontakt zwischen dem Armierungsstahl der Betonummantelung und der Rohrleitung muss vermieden werden. Die Trennung des Armierungsstahls von der Rohrleitung muss durch Messungen während der Applikation der Betonummantelung (in Übereinstimmung mit ISO 21809-5 oder einer vergleichbaren Norm) und während des Betriebs der Rohrleitung geprüft werden.

7.6 Auswahl der Bettungsmasse für den Rohrgraben

Um das Risiko von Beschädigungen an der Umhüllung oder einer abschirmenden Wirkung zu vermeiden und die elektrische Längsleitfähigkeit zwischen dem Rohr und dem Elektrolyten sicherzustellen, kann es erforderlich sein, den Graben mit Materialien wie etwa gewaschenen Sand oder feinkörnigen Material aufzufüllen. Das Hinzufügen dieser Materialien wird als Verfüllung bezeichnet.

Angelieferte oder aufbereitete Bettungsmassen sind normalerweise nicht für den Schutz der Umhüllung vor Beschädigung erforderlich, wenn Rohrschutzmatten verwendet werden.

7.7 Mantelrohre für Rohrleitungen

7.7.1 Allgemeines

Mantelrohre können den kathodischen Korrosionsschutz der Produktrohre beeinträchtigen. Der Einsatz solcher Mantelrohre sollte nach Möglichkeit vermieden werden.

Produktrohre in Mantelrohren sollten mit einer hochwertigen Umhüllung zum Schutz vor Korrosion ausgestattet sein.

Wenn sich die Anwendung von Mantelrohren nicht vermeiden lässt, sollten die folgenden Maßnahmen getroffen werden:

- Umhüllung des Produktrohres;
- Installation von isolierenden Abstandshaltern im Ringraum zwischen Transport- und Mantelrohr;
- Abdichtung der Enden des Mantelrohres.

In der Praxis ist es nahezu unmöglich, eine wasserdichte Abdichtung zu erzielen, und ein geeigneter Dämmer darf in den Ringraum eingefüllt werden. Der Dämmer sollte entweder Korrosion hemmen (z. B. viskoelastische Verbundstoffe, inhibiertes Wachs) oder so ausgeführt sein, dass der Schutzstrom das Transportrohr erreichen kann (z. B. Beton, alkalischer Mörtel).

Entlüftungsrohre sind bei dem Bau von Mantelrohren zu berücksichtigen, um einen Austritt der transportierten Flüssigkeit zu erkennen. Sie dürfen außerdem verwendet werden, um im Bedarfsfall Dämmer zu Wartungszwecken einzufüllen.

7.7.2 Mantelrohre, die den Schutzstrom abschirmen

Der äußere Korrosionsschutz von Produktrohren in Mantelrohren, die den Schutzstrom abschirmen, sollte erreicht werden durch

- die Verwendung galvanischer Anoden, sofern ein Elektrolyt vorhanden ist,
- die Befüllung des Ringraumes mit einem geeigneten Material mit angemessenen langfristigen Korrosionsschutzeigenschaften,
- wenn galvanische Anoden verwendet werden: Es darf kein Kontakt zwischen dem Mantelrohr (sofern metallisch) und den galvanischen Anoden bestehen, und
- die Möglichkeit einer elektrischen Überbrückung der Abstandhalter durch Korrosionsprodukte der Anoden muss berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Kunststoffrohre, beschichtete Betonrohre, schlecht leitende Betonrohre und beschichtete Mantelrohre aus Stahl schirmen Schutzstrom ab.

7.7.3 Mantelrohre, die Schutzstrom durchleiten

Bei Mantelrohren, die Schutzstrom durchleiten, kann der kathodische Außenschutz des Produktrohres innerhalb des Mantelrohres wirksam sein, sofern kein Kontakt zwischen dem Produkt- und dem Mantelrohr besteht und der Ringraum ausreichend Elektrolyt enthält. Ohne Elektrolyt im Ringraum kann an Umhüllungsfehlstellen atmosphärische Korrosion auftreten.

ANMERKUNG Mantelrohre, die Schutzstrom leiten, umfassen:

- unbeschichtete oder schlecht beschichtete Stahlrohre;
- unbeschichtete Betonrohre mit ausreichender Leitfähigkeit;
- gut beschichtete Mantelrohre, die mit einer lokalen Erdung verbunden sind, was den Schutzstrom fließen lässt.

Falls ein kathodischer Korrosionsschutz für das Mantelrohr erforderlich ist (z. B. aufgrund nationaler oder lokaler Vorschriften), sollte das Mantelrohr über einen Widerstand mit dem Produktrohr verbunden und der

Widerstandswert angepasst werden, um sicherzustellen, dass das Mantelrohr jederzeit anodisch gegenüber dem Produktrohr ist.

7.8 Ausrüstung zur Reduzierung der Wechselspannungsbeeinflussung

Es gibt zwei grundlegende Arten von Wechselspannungsbeeinflussungen an unterirdischen Rohrleitungen:

- Kurzzeitbeeinflussung durch Funktionsstörungen an den Wechselstrom-Hochspannungsleitungen und bei Veränderungen des Betriebszustandes (ohmsche und induktive Wirkungen, siehe EN 50443);
- Langzeitbeeinflussung durch Induktion während des Betriebs (induktive Wirkung, siehe EN 15280 und EN 50443).

Zusätzliche Erdungssysteme können zur Abmilderung dieser Wirkungen erforderlich sein. Diese Erdungssysteme dürfen mit einer Vielzahl unterschiedlicher Elektroden (z. B. verzinkter Stahl, Zink, Magnesium) konstruiert werden, sofern diese keine nachteilige Auswirkung auf die Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes haben.

Um nachteilige Auswirkungen auf den kathodischen Korrosionsschutz zu vermeiden, sollten zusätzliche Erdungssysteme über geeignete Vorrichtungen (z. B. Abgrenzeinheiten) an die Rohrleitung angeschlossen werden.

7.9 Ausrüstung zur Reduzierung der Gleichstrombeeinflussung

Streustrom kann eine negative Auswirkung auf die Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes haben und die Installation zusätzlicher Ausrüstung zur Sicherstellung eines wirksamen äußeren Korrosionsschutzes erfordern (siehe EN 50162 und EN 50122-2).

ANMERKUNG Die folgenden Lösungen können eine Gleichstrombeeinflussung abmildern:

- Installation einer Streustromableitungsanlage; Streustromableitungsanlagen werden üblicherweise nach der Inbetriebnahme des kathodischen Korrosionsschutzsystems angeschlossen, es empfiehlt sich jedoch, die gesamte Ausrüstung während der Bauphase zu installieren;
- Installation von Isolierstücken;
- Verbesserung des kathodischen Korrosionsschutzgrades in anodischen Streustromgebieten.

8 Grundlegende Anforderungen an die Planung des kathodischen Korrosionsschutzes

8.1 Allgemeines

Die Dimensionierung von kathodischen Korrosionsschutzsystemen kann entweder durch Berechnungen oder auf der Grundlage der Erfahrungen des Rohrleitungsbetreibers mit ähnlichen Konfigurationen erfolgen.

Dieser Abschnitt bietet eine Anleitung für die Planung von kathodischen Korrosionsschutzsystemen. Der Planer darf andere Werte und Gleichungen verwenden, sofern diese Werte und Gleichungen begründet sind und die Schutzkriterien erfüllt werden.

8.2 Grundlegende Informationen für die Planung des kathodischen Korrosionsschutzes

Die Grundlage für die Planungsstudie zum kathodischen Korrosionsschutz sollte alle Informationen bereitstellen, die für eine Detailplanung notwendig sind. Informationen können entweder aus Dokumenten oder durch direkte Beobachtungen und Messungen vor Ort erhalten werden.

Die Grundlage für die Planungsstudie zum kathodischen Korrosionsschutz sollte Folgendes beinhalten:

- Durchmesser der Rohrleitung;
- Länge und Wanddicke der Rohrleitung;
- Auslegungs-Lebensdauer der Rohrleitung;
- Umhüllungsart der Rohrleitung;
- Art der Nachumhüllung;
- Standort von oberirdischen Anlagen (z. B. Druckminderstation);
- Lage eventueller Armaturen;
- Angaben zur lokalen Erdung (z. B. bei elektrisch betriebenen Armaturen);
- Angaben zum transportierten Medium;
- Betriebstemperatur des Transportmediums;
- topographische Daten;
- Geländeerhebungen;
- Eigenschaften des Elektrolyts (diese Angaben können den spezifischen elektrischen Widerstand, den pH-Wert und die Bakterienaktivität des Elektrolyts umfassen);
- Ergebnisse der Streustromuntersuchungen im Elektrolyten;
- Anwesenheit von Hochspannungs-Freileitungen;
- bekannte unterirdische Kabel und Objekte einschließlich anderer Rohrleitungen;
- bekannte angrenzende kathodische Korrosionsschutzsysteme;
- Flussquerungen;
- Straßen- und Gleisquerungen;
- Mantelrohre, die nach dem Abschluss der Bauarbeiten verbleiben (Länge, Material und Beschichtung, sofern vorhanden);
- Arten von Bettungsmaterialien der Rohrleitung;
- Brücken- und Tunnelquerungen;
- Eigenschaften der Wechselstrom- und Gleichstrom-Bahnsysteme (z. B. Umspannwerke, Betriebsspannungen);
- Eigenschaften von gleichstrombetriebenen Industrieanlagen;
- alle elektrisch betriebenen Geräte (z. B. Notabsperarmaturen).