

DIN EN 15112

ICS 23.040.99; 77.060

**Äußerer kathodischer Korrosionsschutz von Bohrlochverrohrungen;
Deutsche Fassung EN 15112:2006**

External cathodic protection of well casings;
German version EN 15112:2006

Protection cathodique externe des cuvelages de puits;
Version allemande EN 15112:2006

Gesamtumfang 35 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Nationales Vorwort

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

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-71 AA „Korrosion und Korrosionsschutz“ im Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Deutsche Fassung

**Äußerer kathodischer Korrosionsschutz von
Bohrlochverrohrungen**

External cathodic protection of well casings

Protection cathodique externe des cuvelages de puits

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 19. Juni 2006 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 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen.....	5
3 Begriffe	5
4 Beschreibung und Beurteilung der Korrosionsrisiken.....	7
4.1 Allgemeines.....	7
4.2 Beschreibung der Korrosionsrisiken	7
4.3 Beurteilung des Korrosionsrisikos.....	8
5 Voraussetzungen für die Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes.....	8
5.1 Allgemeines.....	8
5.2 Elektrischer Durchgang	9
5.3 Elektrische Isolierung	9
5.4 Ausrüstung für den kathodischen Korrosionsschutz	10
5.5 Anodenbett.....	10
5.6 Sicherheitsanforderungen	10
6 Planung des kathodischen Korrosionsschutzes	11
6.1 Allgemeines.....	11
6.2 Verfahren des Spannungsabfallprofils.....	11
6.3 Methode der Polarisationskurve	12
6.4 Mathematisches Verfahren basierend auf Praxistests	12
6.5 Simulation des kathodischen Korrosionsschutzes eines Bohrloches	12
7 Messung des Potenzials zwischen Bohrloch und Erdboden am Bohrlochkopf.....	13
7.1 Allgemeines.....	13
7.2 Messpunkte	13
7.3 Verfahren zur Potenzialmessung – Interpretation.....	14
8 Zusätzliche Ausrüstung für den kathodischen Korrosionsschutz.....	14
Anhang A (normativ) Spannungsabfallprofil	15
Anhang B (informativ) Verfahren der an einem Bohrloch verwendeten Polarisationskurve	22
Anhang C (informativ) Bestimmung durch Berechnung der Potenzialverschiebung am Bohrlochgrund und des Bohrloch/Boden-Widerstandes	24
Literaturhinweise	33

Vorwort

Dieses Dokument (EN 15112:2006) 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 Januar 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2007 zurückgezogen werden.

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

Einleitung

Bohrlochverrohrungen für Gas, Öl und Wasser sind normalerweise einzementiert, sodass die Rohrleitungen im Boden verankert und auch die verschiedenen geologischen Formationen voneinander isoliert sind. Dies ist notwendig, um einen Flüssigkeitsaustausch zwischen den unterschiedlichen geologischen Schichten zu vermeiden.

Im Kontakt mit Zement sind Stähle in einem passiven Zustand und daher vor jeder Art äußerer Korrosion geschützt, ausgenommen, wenn der Zement Chloridionen enthält. Es ist jedoch nicht immer möglich, eine durchgängig gute Zementation aller äußeren Oberflächen zu erreichen. Diese blanken verbleibenden Oberflächen können in Kontakt zu mehr oder weniger aggressiven Schichten stehen. Weiterhin können diese Oberflächen elektrochemische Zellen mit den einzementierten metallischen Teilen bilden. Die anodischen Bereiche, die die schlecht einzementierten Teile sind, stellen die Korrosionsbereiche dar.

Im Allgemeinen sind äußere Korrosionseffekte gering, besonders bei neueren Bohrlöchern, da diese die meiste Zeit gut einzementiert sind. Manchmal jedoch weisen Bohrlochzementationen Zementationsfehler auf, und Studien haben gezeigt, dass die durchschnittliche Zeit bis zum Auftreten von Leckagen von verschiedenen Faktoren, wie dem geologischen Aufbau, der Dicke der Schichten und dem Verrohrungsstahl abhängt.

Die Erfahrung hat auch gezeigt, dass die Situation entscheidend verbessert werden kann, wenn äußerer kathodischer Korrosionsschutz für die Bohrlochverrohrung angewendet wird.

Bei der Entscheidung, kathodischen Korrosionsschutz anzulegen oder nicht, sollten Umgebungsaspekte bezüglich Gas-, Öl- oder Wasserbohrlöchern berücksichtigt werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Methoden fest, die benutzt werden, um äußere Korrosionsgefahren sowohl von Bohrlochverrohrungen zu bewerten als auch Maßnahmen und Geräte, die eingesetzt werden, um Korrosion der mit dem Boden kontaktierten äußeren Teile der Verrohrungen zu verhindern.

Diese Europäische Norm gilt für jedes Gas-, Öl- oder Wasserbohrloch mit metallischer Verrohrung, egal ob zementiert oder nicht.

Unter besonderen Bedingungen jedoch (flache Verrohrung: z. B. 50 m und homogener Boden) kann EN 12954 genutzt werden, um kathodischen Korrosionsschutz zu erreichen und dessen Wirksamkeit einzuschätzen.

Diese Europäische Norm beschreibt auch die Techniken, die die Bestimmung des für den Schutz erforderlichen Stromes erlauben und die korrekte Betriebsweise der eingebauten Geräte für den kathodischen Korrosionsschutz sicherstellen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 60079-10, *Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche — Teil 10: Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche (IEC 60079-10:2002)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 12954 und die folgenden Begriffe (siehe auch Bild 1).

3.1

Verrohrung (oder Bohrlochverrohrung)

Rohrtour von der Erdoberfläche ausgehend zur Führung eines Bohrlochs

ANMERKUNG Die Verrohrung ist im Allgemeinen von außen über die gesamte Länge oder über eine Länge einzementiert, die ausreichend ist, um eine gute Verankerung und eine gute Stabilität zwischen Förder- oder Lagerzone und der Oberfläche zu gewährleisten.

Diese Rohrtour ermöglicht:

- den Eintritt von Flüssigkeit aus oberen Schichten zu verhindern;
- dem Druck der durchquerten geologischen Schichten standzuhalten;
- die Innenseite des Bohrlochs vom umgebenden Erdreich zu trennen;
- das Bohren zur Förder- oder Lagerzone fortzusetzen;
- die Rohrtour von der Oberfläche bis zur Förder- oder Lagerzone zu treiben.

Es können zwei oder mehr Rohrtouren oder Verrohrungen ineinander in einem Bohrloch angewendet werden:

- Ankerrohrtour: Eine Verrohrung, die von der Oberfläche bis zu einer Tiefe verläuft, die ausreichend ist, um jegliches Eindringen von Oberflächenwässern oder Erde in das Bohrloch zu verhindern;
- Zwischenrohrtour: Eine Verrohrung, die vom Erdboden hinunter bis zu einer Übergangstiefe sitzt. Diese Übergangstiefe befindet sich zwischen dem Rohrauslauf an der Oberfläche und der Förder- oder Speicherzone;
- Förderrohrtour: Eine Verrohrung, die von der Oberflächen bis zur Förder- oder Speicherzone verläuft. Das unterste Ende der Förderrohrtour kann sich zwischen oberem oder unterem Ende dieser Zone befinden.

3.2

Keller

ausgeschachteter Bereich an der Erdoberfläche, der für die Aufnahme des Bohrlochkopfes und von Sicherheitseinrichtungen gedacht ist

BEISPIEL Sicherheitsventile.

3.3

Zementation

Tätigkeit und deren Ergebnis, welche eine gute Verankerung der Bohrlochverrohrung im Boden und eine gute Dichtheit zwischen verschiedenen geologischen Schichten sicherstellt

ANMERKUNG Gleichzeitig kann diese Zementation Korrosion entgegenwirken.

3.4

Zentrierung

Vorrichtung, die aus einem Satz Metallklingen oder -körben besteht, die um die Rohre einer Rohrtour angebracht sind, um diese entweder in dem offenen Loch (in den Boden gebohrtes Loch) oder innerhalb von Rohren mit größerem Durchmesser, in dem die betrachtete Rohrtour eingebaut ist, zentriert zu halten. Diese Vorrichtung kann auch genutzt werden, um den elektrischen Durchgang zwischen zwei konzentrischen Rohrtouren sicherzustellen.

3.5

Komplettierung

Vorgang und dessen Ergebnis, das darin besteht, ein Bohrloch zu verrohren, um einen ordnungsgemäßen Betrieb entsprechend den geltenden Betriebs- und Sicherheitsbestimmungen zu gewährleisten

3.6

Feldleitung

Rohrleitung, die das Bohrloch mit der Station verbindet

3.7

Liner

Rohr, das die gleiche Funktion wie die Zwischenrohrtour oder Endrohrtour hat, aber in einer Zwischenrohrtour abgehängt ist

3.8

Förderpacker

konzentrische Vorrichtung zur Sicherstellung der Dichtheit des Ringraumes zwischen der Zwischenrohrtour oder Liner und der Förderrohrtour

3.9

Rohrschuh

zylindrisches Element, das an dem unteren Teil der jeweiligen Rohrtour angebracht ist und das erlaubt, die Verrohrung im Bohrloch zu platzieren (Führungsschuh). Wenn er mit einem Ventil ausgerüstet ist, erleichtert es die Bohrlochzementation (Zementationsschuh)

3.10

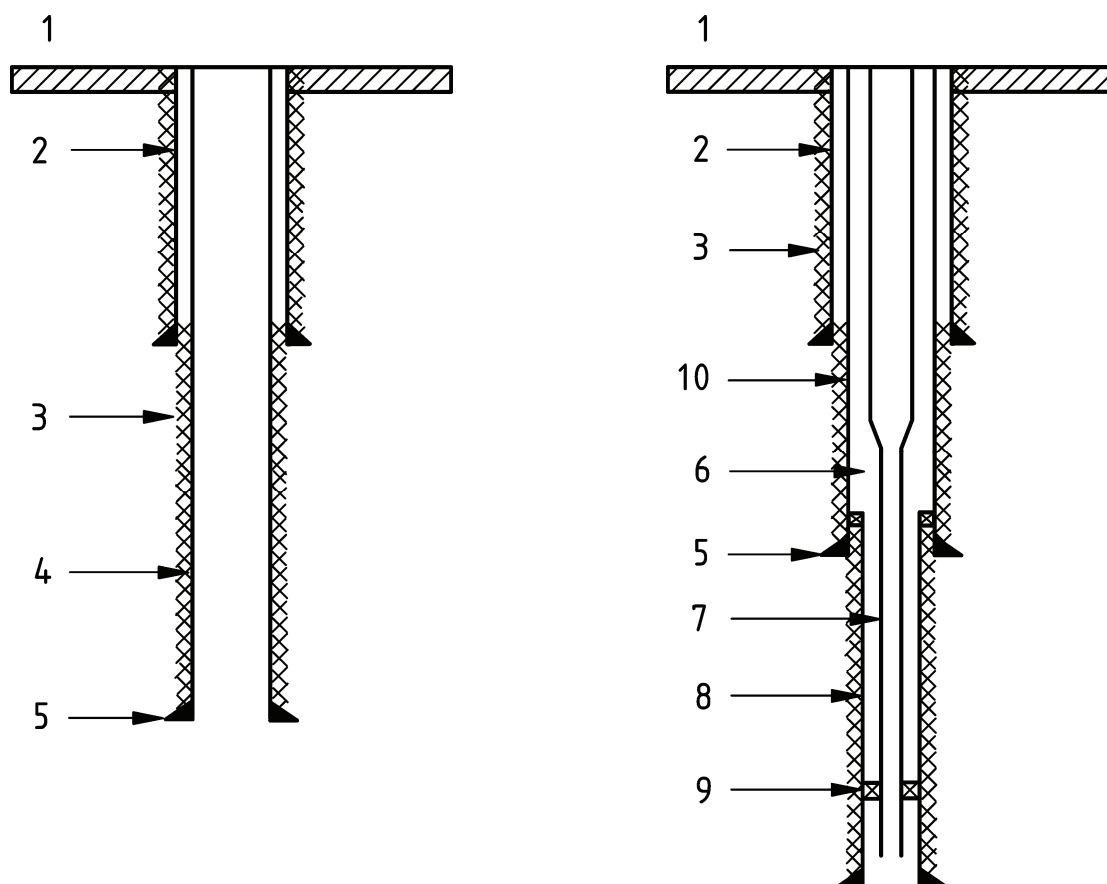
Produktionsrohrtour

Rohrtour mit ihrer zusätzlichen Ausrüstung, innerhalb der Verrohrung, die das Fließen von Öl, Gas oder Wasser zwischen Förder- oder Speicherzone und Erdoberfläche ermöglicht

3.11

Bohrlochkopf

Vorrichtung, die am obersten Bereich des Bohrloches angebracht ist. Er dient zum Abhängen der verschiedenen Rohrtouren und der Sicherstellung der Dichtheit der verschiedenen Ringzwischenräume. Am Bohrlochkopf sind Ventile angebracht, um den Zugang (Drucküberwachung, Probennahme) zu den verschiedenen Ringräumen zu ermöglichen. Die Vorrichtung ermöglicht einen guten elektrischen Durchgang zwischen allen Rohrtouren



Legende

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| 1 Erdoberfläche | 6 Ringraum |
| 2 Ankerrohr | 7 Förderrohrtour |
| 3 Zementation | 8 Produktionslinier |
| 4 Produktionsrohrtour | 9 Produktionspacker |
| 5 Rohrschuh | 10 Zwischenrohrtour |

Bild 1 — Typische Bohrlöchsausrüstung

4 Beschreibung und Beurteilung der Korrosionsrisiken

4.1 Allgemeines

Korrosion kann an der äußeren Oberfläche der Bohrlöchverrohrungen auftreten.

Diese Korrosion kann zu gefährlichen Schäden, wie z. B. Verlust von Produkt, Wasser, Gas oder Öl, Schäden am Bohrlöch und dessen Ausstattung (interne Ausrüstung), Schäden an der Umwelt, z. B. möglicher Austausch zwischen den verschiedenen geologischen Formationen, führen. Es besteht ebenfalls die Möglichkeit der Personengefährdung.

Ob kathodischer Korrosionsschutz für das Bauwerk eingerichtet werden muss, sollte unter Berücksichtigung der Korrosionsrisiken bewertet werden.

4.2 Beschreibung der Korrosionsrisiken

Aus technischen Gründen sollten Bohrlöchverrohrungen generell zementiert werden. Unter solchen Bedingungen ist Stahl passiv. Sein Potenzial ist unter dem Zement gleichmäßig, und die Korrosionsgefahr ist verringert. In diesem Fall sollte kein kathodischer Korrosionsschutz notwendig sein.

Durch die Heterogenität der Böden, die beim Bohren durchquert werden, und besonders durch die Heterogenität der mechanischen Eigenschaften dieser Böden ist es jedoch nicht immer möglich, eine durchgehende Zementschicht, die die gesamte Stahloberfläche bedeckt, zu gewährleisten. Wegen dieser nicht homogenen Zementschicht können einige Teile der Oberfläche der Verrohrung Kontakt zum äußeren Medium haben. Elektrochemische Makrozellen (Stahl/Zement und Stahl/Medium) entstehen, die Korrosion der anodischen Bereiche (Stahl im Medium) zur Folge haben.

Wenn keine isolierende Verbindung zwischen dem Bohrloch und der Rohrleitungsoberfläche besteht, können solche schädlichen Makrozellen auch zwischen der Verrohrung und blanken oder schlecht beschichteten Teilen des erdverlegten Bauwerks auftreten, die die anodischen Teile der Makrozelle werden.

Die durch Ströme zwischen den Makrozellen verursachte Korrosion ist stärker, wenn Bodenschichten mit geringem spezifischem Widerstand durchquert werden.

Risiken von Korrosionsschäden müssen besonders berücksichtigt werden, wenn

- die geplante Lebensdauer lang ist (abhängig von der Lage, den Betriebsbedingungen);
- das Verfahren und die Ausführung der Zementation nicht oder schlecht zementierte Bereiche als Ergebnis haben;
- Streuströme auftreten;
- geologische Schichten unterschiedlicher Art durchquert werden.

4.3 Beurteilung des Korrosionsrisikos

Die vorherigen Informationen sollten lediglich eine allgemeine Vorstellung bezüglich der beteiligten Korrosionsrisiken geben.

Normalerweise wird ein Korrosionsrisiko durch Messen des Bauwerk/Elektrolyt-Potenzials beurteilt. Jedoch erfordern diese Messungen die Installation einer Bezugselektrode im Elektrolyt sehr nahe am Metall. Bei Bohrlochverrohrungen ist nur der obere Teil des Bohrloches zugänglich, und es sind daher keine Messungen in der Tiefe des Bohrloches möglich.

Während des Bohrens sollten Proben der Bohrkerns aus regelmäßigen Tiefen geprüft und dokumentiert werden, insbesondere um bei Schichtenwechsel die Korrosivität und Zusammensetzung der Schichten zu beurteilen.

Alternativ zu dieser Methode kann auch eine detaillierte Analyse der Messung der Polarisationskurve (log survey) erfolgen, die in der Bohrung aufgenommen wurde.

Ein anderes Verfahren besteht in der Nutzung des von der äußeren Umgebung (Erde) eintretenden oder, umgekehrt, des aus der Verrohrung austretenden Stromes mittels der als Spannungsabfall-Profil (Anhang A) bekannten Methode, die diese Bestimmung über Richtung und Stärke der in der Verrohrung entlang dem Bohrloch zirkulierenden Ströme ermöglicht.

Dieses Verfahren ermöglicht die Lokalisierung aller Bereiche, in denen Korrosion auftritt. Weiterhin ist es möglich, gemäß dem beobachteten Spannungsabfall, die Bedeutung der Intensität des aus der Verrohrung austretenden Stromes zu beurteilen. Jedoch ist dieses Verfahren schwierig auszuführen.

Falls verfügbar, können die üblichen Aufzeichnungen, die nach der Bohrlochzementation gemacht wurden, brauchbar analysiert werden, um die Qualität und Homogenität der Bohrlochzementation zu bestimmen, besonders in Bereichen mit niedrigem elektrischem Widerstand.

5 Voraussetzungen für die Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes

5.1 Allgemeines

Die in EN 12954 festgelegten Anforderungen müssen eingehalten werden. Jedoch sollte berücksichtigt werden, dass die Bohrlochverrohrung blank und mit dem Gebirge über den Zement verbunden ist.

5.2 Elektrischer Durchgang

Wenn ein Bohrloch kathodisch geschützt werden soll, so sind bei der Fertigstellung eine Vielzahl von Sicherheitsmaßnahmen erforderlich. Zusätzlich zu den in Kontakt mit der Bohrlochzementation oder dem Erdreich stehenden äußeren Bereichen, für die ein Schutz erforderlich ist, enthält das Bohrloch auch andere Bereiche, die nicht mit dem umgebenden Erdreich verbunden sind. Letztere bestehen aus der Förderrohrtour und der kompletten oder einem Teil der Zwischenrohrtour, die Größe der relevanten Oberfläche ist abhängig von der Komplettierungsart, der Bohrlochbetriebsweise, der Tiefe und dem Durchmesser.

Es ist notwendig, das Fließen von Strom in dem im Ringraum befindlichen Elektrolyten zu vermeiden, da dies Korrosion verursachen kann. Ringräume, die nicht zementiert sind, sind im Allgemeinen mit Flüssigkeit, wie Sole, Schlammwasser usw., gefüllt. Unter solchen Bedingungen ist der Stromfluss durch den Elektrolyten durch gut leitfähige Verbindungen sicherzustellen.

Daher ist es notwendig

- metallene Verbindungen im oberen (Bohrlochkopf) und im unteren (Rohrschuh) Bereich herzustellen, um einen perfekten elektrischen Durchgang jedes Verrohrungsabschnittes sicherzustellen, und
- einen metallenen Zentrierkorb einzusetzen, wenn geologische Schichten einen Stromfluss in die Verrohrung begünstigen können.

5.3 Elektrische Isolierung

5.3.1 Allgemeines

Grundsätzlich sollte es keinen elektrischen Durchgang zwischen dem zu schützenden Bohrloch und den Fremdanlagen sowie besonders der Feldleitung geben. Zu diesem Zweck wird ein Isolierstück zwischen Bohrloch und Feldleitung installiert.

In diesem Fall ist ein besonderes Augenmerk darauf zu richten, unbeabsichtigte elektrische Überbrückung durch metallene Verbindung von Rohrleitungen mit kleinem Durchmesser, die zur Bohrlochüberwachung und als Sicherheitseinrichtung genutzt werden, zu vermeiden.

Ein anderes Problem kann auftreten, wenn die Flüssigkeit oder ein Teil der Flüssigkeit, die in der Feldleitung gefördert wird, ein Elektrolyt mit niedrigem Widerstand ist. Auf Grund der möglichen Spannungsdifferenz zwischen den beiden Seiten des Isolierstückes, kann ein Innenkorrosionsrisiko durch Stromfluss vorhanden sein. In solchen Fällen ist das Isolierstück innen mit einem geeigneten und elektrisch nicht leitendem Material zu beschichten. Außerdem ist diese Innenbeschichtung

- über eine geeignete Länge aufzubringen, um die Korrosionsabtragsrate zu einem akzeptablen Wert zu verringern,
- nur an der Seite mit dem negativeren Potenzial aufzubringen.